

TRABAJO FIN DE GRADO

Proyecto de cálculo de instalaciones de una nave industrial destinada a taller de corte y plegado de chapa

Project for calculating the facilities of an industrial unit destined to sheet metal cutting and bending

Autor:

D. David Vivo López

Directora:

D.^a Ana María Nieto Morote

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL**

Curso académico: 2020/2021

Cartagena, junio de 2021

ÍNDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT	5
1. DESCRIPCIÓN DE LA NAVE.....	6
1.1 Ubicación y emplazamiento	6
1.2. Tipo de terreno.....	6
1.3. Descripción de la geometría.....	8
1.4. Obra civil.....	8
1.4.1. Elementos constructivos a modificar	8
1.4.2. Elementos constructivos que no se modifican	9
1.5. Instalaciones.....	11
1.5.1. Instalaciones a modificar.....	11
1.5.2. Instalaciones que no se modifican	11
2. CARACTERÍSTICAS DE LA NUEVA NAVE	13
2.1. Programa de necesidades	13
2.2. Distribución de los espacios	13
2.2.1. Área de producción	15
2.2.2. Áreas sociales	19
2.2.3. Área administrativa	20
3. DEFINICIÓN DETALLADA DEL PROCESO PRODUCTIVO	21
3.1. Pedido	21
3.2. Oferta	21
3.3. Programación	22
3.3.1. Corte láser	23
3.4. Plegado.....	24
3.5. Expediciones.....	25
4. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES NECESARIAS	27
4.1. Estudio térmico. Obra civil	27
4.1.1. Cerramientos.....	27
4.1.2. Tabiquería interior	29
4.1.3. Solera.....	30
4.1.4. Cubierta	31
4.1.5. Recintos	32
4.1.6. Carpinterías	34

4.1.7. Resultados del cálculo de la demanda energética	36
4.1.8. Modelo de cálculo del edificio	41
4.1.9. Proceso de cálculo de la demanda energética.....	44
4.1.10. Descripción de los puentes térmicos lineales	45
4.2. Electricidad e iluminación	46
4.2.1. Instalación de enlace.....	46
4.2.2. Instalación interior	46
4.2.3. Iluminación.....	47
4.2.4. Esquema de instalación.....	48
4.2.5. Bases de cálculo	50
4.2.6 Resultados de cálculo.....	56
4.3. Climatización	58
4.3.1. Condiciones y demanda climáticas	59
4.3.2. Unidad aire-agua para instalación en exterior.....	60
4.3.3. Fancoil de techo	60
4.3.4. Tuberías y conductos horizontales.....	61
4.3.5. Extracción de aire	61
4.3.6. Esquema de instalación.....	62
4.3.7. Resultados de cálculo	62
4.4. Presupuesto total	70
4.5. Exigencia de bienestar e higiene.....	84
4.5.1. Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente	84
4.5.2. Justificación del cumplimiento de la exigencia del aire	84
4.5.3. Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad acústica.....	85
4.5.4. Justificación del cumplimiento de la exigencia de higiene	85
4.6. Exigencia de eficiencia energética	86
4.6.1. Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en el control de instalaciones térmicas	86
4.6.2. Justificación del cumplimiento de la exigencia de recuperación de energía.....	86
4.6.3. Justificación del cumplimiento de la exigencia de limitación de uso de energía convencional	86
4.7. Exigencia de seguridad.....	87
4.7.1. Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad referida a producción de calor y frío.....	87

4.7.2. Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad referida a sistemas de conducción de calor y frío	87
4.7.3. Justificación del cumplimiento de la exigencia de protección contra incendios	88
4.7.4. Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad y utilización	88
BIBLIOGRAFÍA	89
ANEXOS	91
Documento Básico HE. Ahorro de energía.....	91

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo la optimización energética y constructiva de una nave almacén, para poder utilizarla como nave industrial que albergue un taller de corte y plegado de chapa. Para ello, se mantendrán tanto la cimentación y estructura, como el saneamiento y la instalación de agua de la nave almacén. Asimismo, se calcularán las instalaciones necesarias, incluyendo la modificación de la obra civil de la nave base (nueva cubierta, cerramientos, carpintería, etc.), y la instalación de electricidad y climatización para su nuevo uso.

ABSTRACT

This project aims at the energy and building optimization of a industrial warehouse so that it can be used as an industrial unit which houses a sheet metal cutting and folding workshop. In order to do this, both the foundations and structure of the warehouse, and sanitation and the installation of water of the original industrial unit (warehouse) will be kept. Likewise, the necessary facilities will be calculated, including the modification of the civil works of the original industrial unit (new roof, enclosures, carpentry, etc.); and the installation of electricity and optimal air conditioning for its new use.

1. DESCRIPCIÓN DE LA NAVE

1.1. Ubicación y emplazamiento

La nave industrial objeto de este proyecto se encuentra en el polígono 4 de la parcela 21 de T.M. Caldearenas, situada en la comarca de Alto Gállego, en Huesca (Figura 1.1). Se sitúa en terreno rústico a una altura sobre el nivel del mar de 650 m y en zona climática D2 según el Apéndice B de CTE DB HE 1.

Figura 1.1. Situación de Caldearenas dentro de Alto Gállego



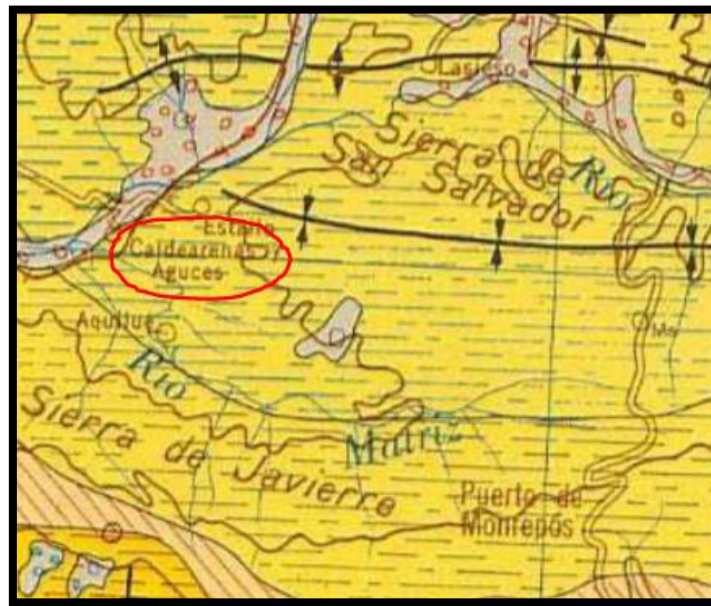
Fuente: Pasapues – Mapas de Aragón

La nave cuenta con buena accesibilidad y desniveles mínimos.

1.2. Tipo de terreno

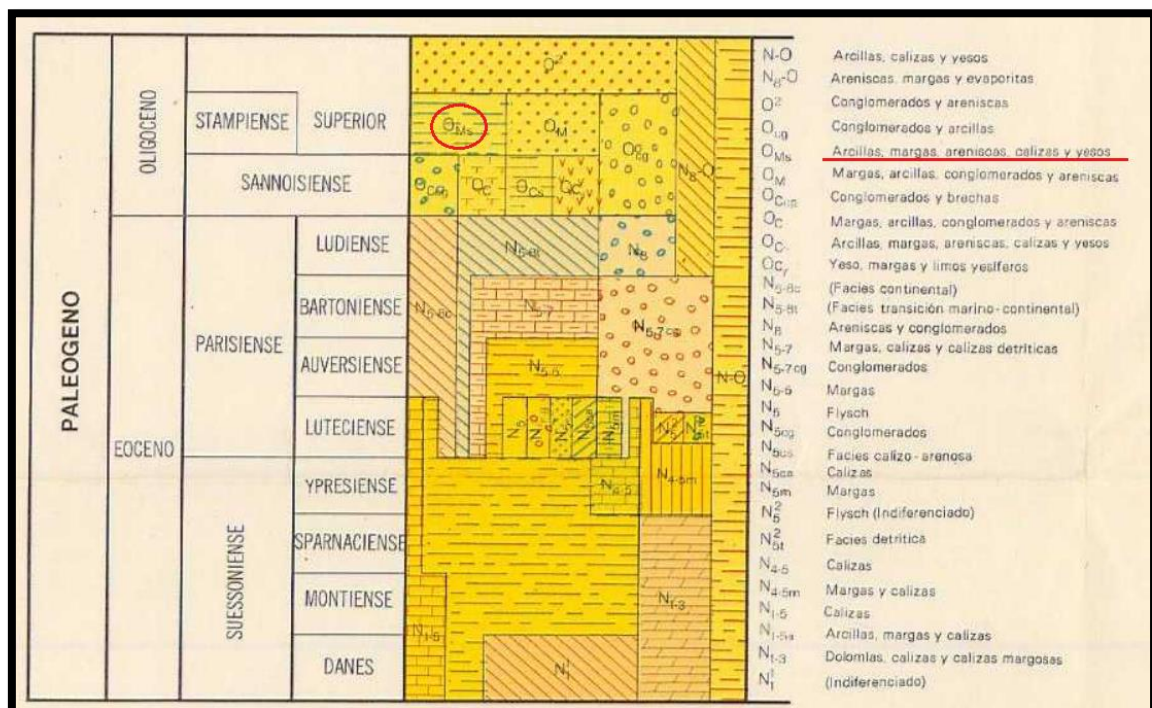
Según el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), en concreto el mapa cartográfico de Huesca, el tipo de terreno que corresponde al emplazamiento de la nave está formado por arcillas, margas, areniscas, calizas y yesos, como se muestra en las Figuras 1.2 y 1.3.

Figura 1.2. Situación terrenal de Caldearenas



Fuente: Mapa geológico IGME > Hoja 23 – Huesca

Figura 1.3. Leyenda mapa cartográfico de Caldearenas

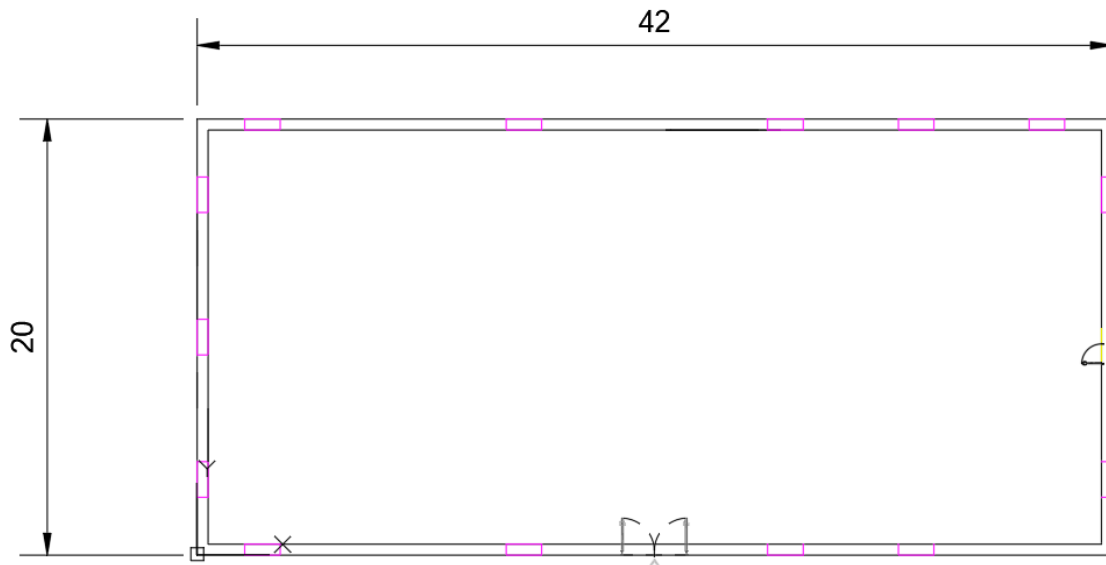


Fuente: Mapa geológico IGME → Hoja 23 - Huesca

1.3. Descripción de la geometría

La nave almacén tiene una superficie de 840 m² (42 m x 20 m). La planta cuenta únicamente con una puerta de acceso en la fachada principal y otra en la fachada lateral para el acceso de los camiones, como se puede apreciar en la Figura 1.4.

Figura 1.4. Planta de la nave almacén (medidas en metros)

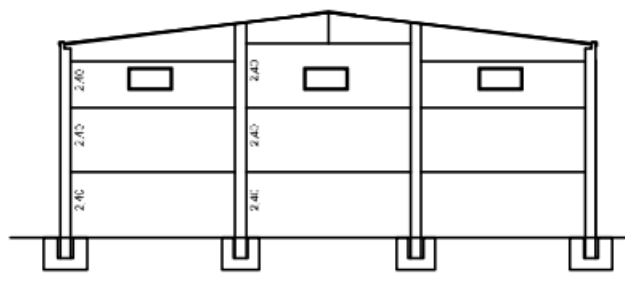


Nota: Los elementos en color magenta representan las ventanas exteriores de la nave.

Fuente: AutoCAD 2021

Además, cuenta con una cubierta a dos aguas conformada con panel de sándwich de 30 (pendiente del 12%), como se muestra en la figura 1.5.

Figura 1.5. Alzado de la nave almacén



Fuente: Proyecto de construcción de nave almacén polivalente

1.4. Obra civil

1.4.1. Elementos constructivos a modificar

Toda la información sobre los elementos constructivos que constituyen la nave almacén, se reúnen en la Tabla 1.1.

Elementos constructivos	Descripción de los elementos en la nave
Cubierta	Constituida por correas de hormigón a 1,15 m de distancia entre ellas. Cubierta de panel de sándwich
Cerramientos exteriores	Panel liso de 1,2 m de espesor prefabricado de hormigón machihembrado
Carpintería	Puertas de acero galvanizado de anchura 0,9 m y ventanas metálicas también de acero galvanizado, y acristaladas.
Solados	Solera de espesor 2 m con mallazo sobre presolera de zahorra compactada

Tabla 1.1. Descripción de los elementos constructivos en la nave base

1.4.2. Elementos constructivos que no se modifican

Tanto cimentaciones como estructuras de la nave inicial van a permanecer iguales, y sus características se recogen en la Tabla 1.2.

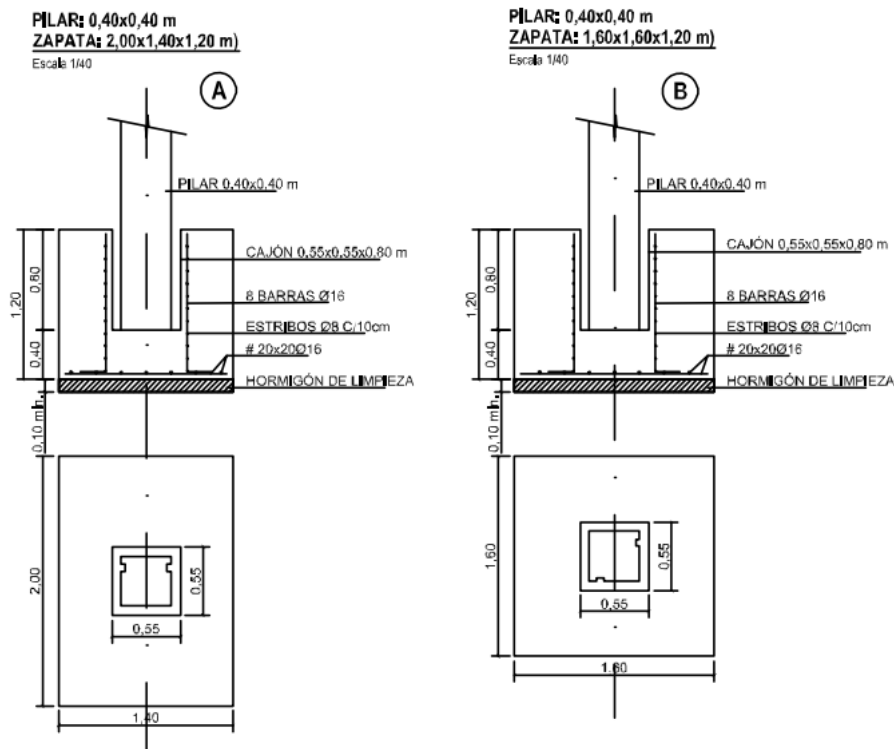
Elementos constructivos	Descripción de los elementos en la nave
Cimentaciones	Se llevará a cabo una cimentación formada por zapatas y riostras rellenas con hormigón de limpieza y HA-25/P/20/IIa, excavadas directamente en el terreno
Estructuras	Pilares de hormigón armado de 4 m ² , con una altura de 7 m, distancia al eje entre pórticos de 6 m y deltas de luz de 20 m

Tabla 1.2. Descripción de la obra civil

1.4.1.1. Cimentaciones

Las zapatas, utilizadas como nexo de unión y transmisión de cargas desde los pilares y muros hasta el terreno (sin superar sus tensiones admisibles) se muestran en detalle en la Figura 1.6.

Figura 1.6. Detalle de las zapatas en pilares de HA-25

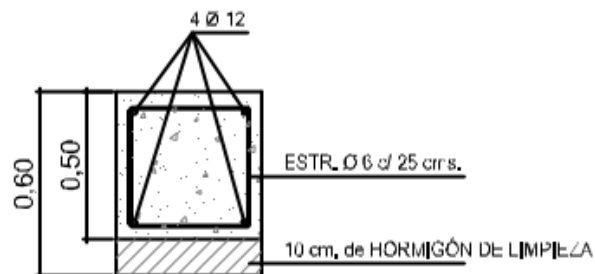


Fuente: Proyecto de construcción de nave almacén polivalente

Sus características se han escogido minuciosamente en función de las dimensiones y estructura de la nave, diferenciando dos tipos de zapatas: las de tipo B se utilizan en las cuatro esquinas de la nave y las zapatas de tipo A en el resto, uniformemente repartidas (equidistantes).

Por otro lado, la cimentación dispone de riostras (Figura 1.7) que unen las zapatas entre sí proporcionando las condiciones óptimas para obtener la mayor estabilidad posible en la cimentación.

Figura 1.7. Detalle de las riostras de HA-25



Fuente: Proyecto de construcción de nave almacén polivalente

La cimentación depende tanto del tipo de suelo como del peso a soportar en su totalidad. Ésta se encuentra en perfecto estado, por lo que mantenerla resulta una buena opción para reducir los costes de rehabilitación de la nave. El terreno sobre el que se ha construido la nave, como ya se ha comentado anteriormente, está formado por arcillas, margas, areniscas, calizas y yesos, luego una cimentación formada por zapatas y riostras rellenas con hormigón de limpieza y HA-25/P/20/IIa resulta la más adecuada. Esto es gracias a que el hormigón de limpieza evita el contacto entre el terreno arcilloso y el hormigón estructural, y mejora su calidad y durabilidad. Además, protege contra la contaminación y desecación del hormigón y proporciona un buen nivelado. Por otra parte, el hormigón HA-25/P/20/IIa (hormigón armado de resistencia a compresión a 28 días de 25 N/mm² de consistencia plástica, con tamaño máximo del árido 20 mm y exposición tipo de ambiente IIa) resulta el más ventajoso. Los parámetros de resistencia y tamaño del árido fueron escogidos con esos valores al tratarse de una estructura convencional, una nave industrial, sin requisitos de durabilidad y con dimensiones estándar. Como la nueva construcción también será del mismo tipo, estos factores siguen siendo adecuados. Además, al estar ambas naves formadas por una única planta y los cimientos ubicados en el mismo sitio, el peso total a resistir será aproximadamente el mismo, luego eso constituye otro motivo de conservar la cimentación.

1.4.1.2. Estructura

La estructura de la nave almacén, que está formada por pilares de hormigón, tampoco sufrirá alteraciones, ya que éste es el mejor material para el uso que se le va a dar a la nueva nave. Además de la durabilidad y resistencia que ofrece, presenta adecuadas características como aislante térmico, lo cual es muy importante al tratarse de una nave en su mayoría sin climatizar, como posteriormente se comprobará. Por otra parte, es un material fácil de limpiar y con muy poco mantenimiento.

1.5. Instalaciones

1.5.1. Instalaciones a modificar

1.5.1.1. Instalación eléctrica

Tramo aéreo de cable trenzado rz 3x50/54,6 desde el punto de conexión a la caja general de protección que se coloca sobre postelete y tramo subterráneo que une la CGP con el equipo de medida colocado en el interior del monolito con conductores de 50 mm² de sección y aislamiento RV 0,6 1KV (admitido por la compañía). Consta de un postelete con la caja general de protección y el equipo de medida en alquiler en el interior del monolito prefabricado con acceso desde el vial público, junto al punto de conexión ubicado en poste de hormigón. Desde ahí parte con línea particular hasta el punto de suministro. Se llega a una potencia de 17,32 kw en tubería de PE doble pared Ø 160 mm con tres cables de Aluminio (1x240) mm² y un cable (1x150) mm², enterrada en una zanja de 40 cm de ancho por 90 cm tal y como se aprecia. El cableado va señalizado por placas rígidas de PE y cinta flexible de PE.

1.5.2. Instalaciones que no se modifican

En la Tabla 1.3 se recoge toda la información acerca del saneamiento y de la instalación de agua de la nave almacén.

Elementos constructivos	Descripción de los elementos en la nave
Saneamiento	Saneamiento de recogida de aguas pluviales con material PVC de diámetros 0,315 m para el tubo que lleva el agua a la acequia más cercana; diámetros 0,11 m para las bajantes, 0,25 m y 0,2 m para el enterrado que recoja las pluviales y las lleve al pozo de registro; y 0,16 m para el tubo enterrado de unión con la bajante.
Conexión con la red municipal de agua potable	Formada por tubos de Polietileno de Alta Densidad sanitario de diámetro 0,09 m. Instalación de contador situado en una arqueta prefabricada de hormigón. Desde este punto, el diámetro se reduce a 75, 63 y 50 mm hasta adentrarse en la nave. Cuenta con tapón y llave de cierre, así como regulación.

Tabla 1.3. Descripción de la instalación de agua

1.5.2.1. Saneamiento

La nave dispone de red de saneamiento y se ha considerado que éste es un sistema adecuado, ya que la recogida de aguas pluviales se realiza con éxito. Ésta se lleva a cabo hasta que el caudal de las aguas pluviales llega a un determinado valor, que se ha establecido de manera deliberada en función de la meteorología de la zona. Además, por este sistema se logra que las primeras aguas pluviales recogidas, que normalmente son las más contaminadas, sean capturadas. Los materiales utilizados para las tuberías cumplen las prescripciones específicas: las paredes tanto interiores como exteriores son lisas, su rigidez anular o resistencia de la tubería debida a una carga externa es lo suficientemente grande, y su comportamiento frente a la acción de aguas residuales en general es bueno.

1.5.2.2. Conexión con la red municipal de agua potable

Dado que el estado de la instalación es adecuado al nuevo uso de la planta, se ha optado por mantener también la conexión con la red municipal de agua potable. El suministro de agua se realiza continuamente sin límites en cuanto al tiempo de servicio, a través de una acometida que comienza en la tubería descrita anteriormente y distribuye el agua a la nave. El ramal cuenta con tramos a diferentes diámetros, favorables para el caudal que se requiere y los materiales que lo conforman.

2. CARACTERÍSTICAS DE LA NUEVA NAVE

2.1. Programa de necesidades

La nave destinada a taller de corte y plegado de chapa cuenta con las dimensiones descritas anteriormente (42x20 m) y por tanto una superficie construida de 860 m². Asimismo, la superficie útil, es decir, el espacio disponible (sin tener en cuenta los grosores de las paredes y muros) donde se reparten todas las estancias de la nave es de 816.31 m². Para albergar dicho proceso productivo se necesitará lo siguiente:

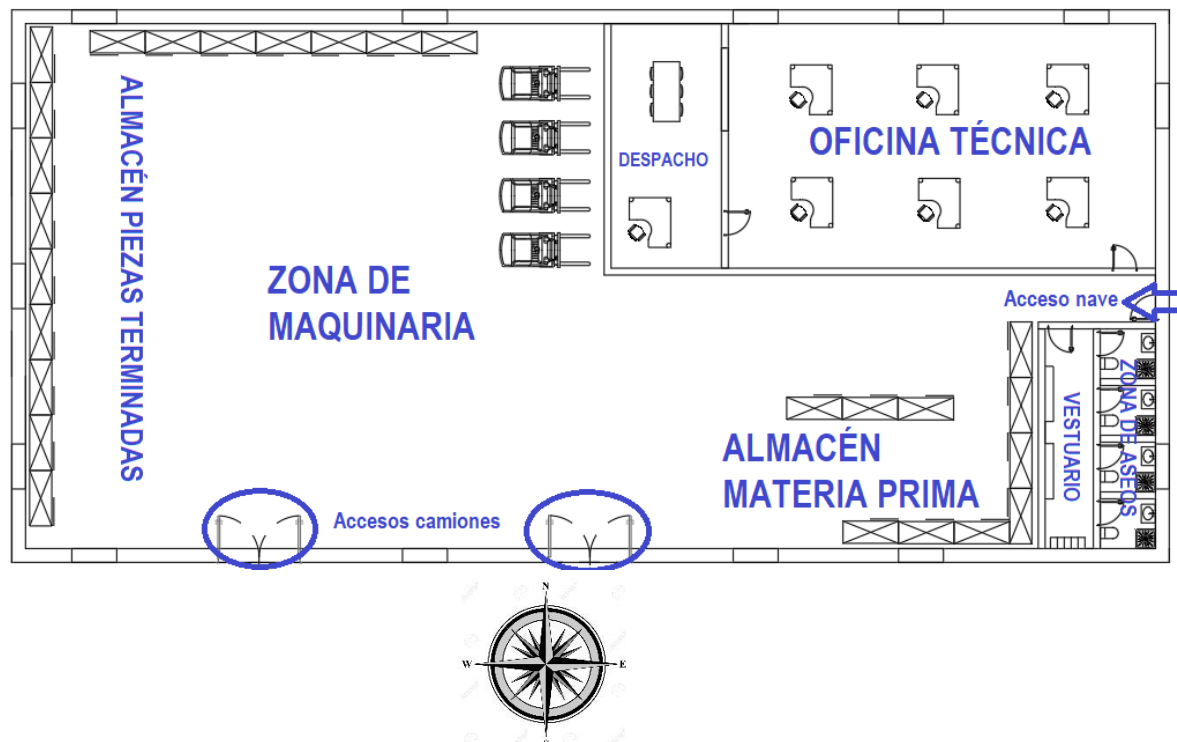
- Oficina técnica, donde se controla y analiza toda la producción.
- Zona de producción, donde se sitúan los almacenes de material y toda la maquinaria de corte y plegado.
- Zona social, que comprende vestuario y aseos para los trabajadores
- Accesos suficientes a la nave desde el exterior, que garanticen fluidez tanto del personal como del proceso productivo.

Todas ellas han de estar distribuidas de forma óptima en la superficie de la nave y éstas se describen en el apartado posterior.

2.2. Distribución de los espacios

En la Figura 2.1 se muestra un esquema que permite conocer la distribución aproximada de cada uno de los espacios que conforman la nave.

Figura 2.1. Esquema en planta de la nueva nave industrial

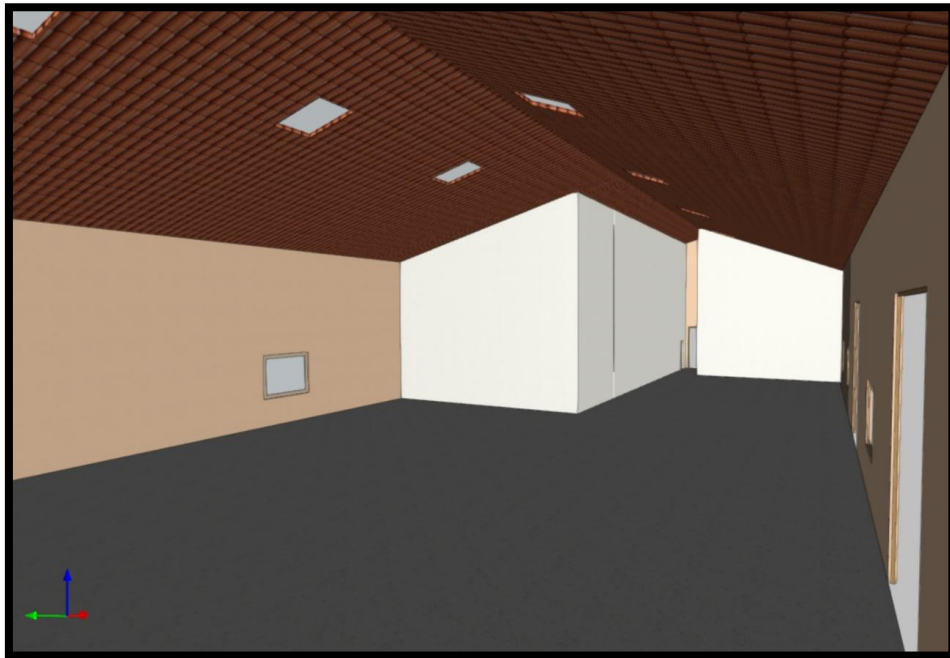


Fuente: AutoCAD 2021

El acceso a la nave se realizará a través de la fachada este.

En cumplimiento de la normativa vigente, se dispondrá de dos espacios (casetas) que cubrirán las necesidades de vestuario, aseo y oficina: una para el área social y otra para el área administrativa. En la Figura 2.2, se pueden apreciar estos dos espacios claramente diferenciados (imagen vista desde la zona de maquinaria y creada por CYPECAD MEP).

Figura 2.2. Casetas de las zonas de aseos y oficinas



Fuente: CYPECAD MEP – Obra 3D

En el ala derecha del pasillo de acceso se encuentra la oficina técnica, donde acceden los trabajadores y/o los clientes, en caso de que éstos requieran ser atendidos. En esta misma sala se encuentra el despacho, donde los usuarios de la oficina técnica pueden reunirse y debatir sobre diferentes temas de interés.

A la izquierda del pasillo de entrada se encuentra la zona de vestuario, en la que los operarios pueden cambiarse si lo requieren para acceder a la zona de producción (maquinaria y almacenes) y donde también se sitúan los aseos.

Al final del pasillo se encuentra el almacén de materia prima, en el que se guarda todo el material que se utiliza para fabricar las piezas. Todos los materiales se suministran en la nave mediante camiones, por la puerta más cercana a dicho almacén. El otro acceso de camiones está previsto para expediciones, es decir, para transportar las piezas terminadas al destino indicado, recogiendo del almacén de piezas acabadas. Todo el transporte de material por la nave se realiza con carretillas elevadoras (Figura 2.3), disponibles entre el almacén de materia prima y la zona de maquinaria. Esta última se ubica entre ambos almacenes mencionados y alberga las máquinas que posteriormente se mostrarán en detalle.

Figura 2.3. Carretilla elevadora destinada al transporte interno de material

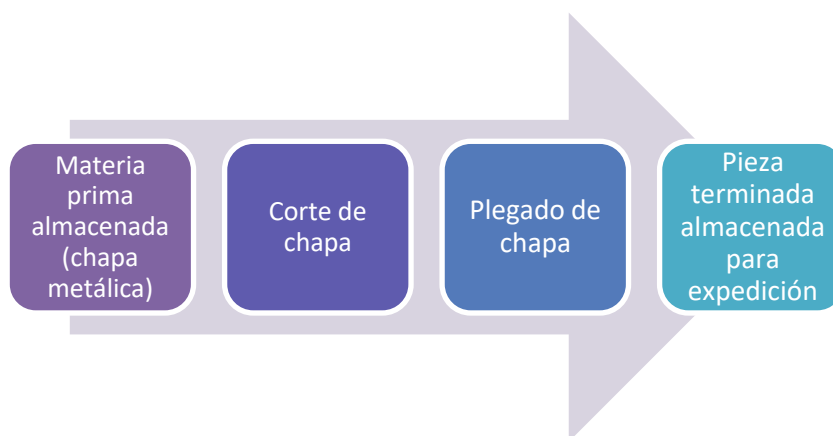


Fuente: Maquinza – Alquiler y venta de maquinaria

2.2.1. Área de producción

Esta zona es la que alberga el taller del proceso productivo de la nave y en ella se implantarán las máquinas necesarias para el corte y plegado. En ella se lleva a cabo el procedimiento técnico que se muestra en la Figura 2.4.

Figura 2.4. Procedimiento de actuación en la zona de producción



2.2.1.1. Maquinaria

Los datos técnicos de las máquinas se recogen en las Figuras 2.5, 2.6 y 2.7:

- Máquinas de corte

Figura 2.5. Hoja de datos técnicos de las máquinas de corte láser (1)

	TruLaser 1030 fiber	TruLaser 1040 fiber	TruLaser 1060 fiber
PESO			
PESO MÁQUINA BASE	5500 kg	7550 kg	10150 kg
VELOCIDAD MÁXIMA			
SIMULTÁNEO	140 m/min	140 m/min	140 m/min
ZONA DE TRABAJO			
EJE X	3000 mm	4000 mm	6000 mm
EJE Y	1500 mm	2000 mm	2000 mm
PESO MÁX. DE LA PIEZA	-	-	-
DATOS ESPECÍFICOS DEL LÁSER - TRUDISK 2001			
POTENCIA LÁSER MÁX.	2000 W	2000 W	2000 W
ESPESOR MÁX. DE LA CHAPA DE ACERO DE CONSTRUCCIÓN	16 mm	16 mm	16 mm
ESPESOR MÁX. DE LA CHAPA DE ACERO INOXIDABLE	8 mm	8 mm	8 mm
ESPESOR MÁX. DE LA CHAPA DE ALUMINIO	6 mm	6 mm	6 mm
ESPESOR MÁX. DE LA CHAPA DE COBRE	4 mm	4 mm	4 mm
ESPESOR MÁX. DE LA CHAPA DE LATÓN	4 mm	4 mm	4 mm
DATOS ESPECÍFICOS DEL LÁSER - TRUDISK 3001			
POTENCIA LÁSER MÁX.	3000 W	3000 W	3000 W
ESPESOR MÁX. DE LA CHAPA DE ACERO DE CONSTRUCCIÓN	20 mm	20 mm	20 mm
ESPESOR MÁX. DE LA CHAPA DE ACERO INOXIDABLE	15 mm	15 mm	15 mm
ESPESOR MÁX. DE LA CHAPA DE ALUMINIO	15 mm	15 mm	15 mm
ESPESOR MÁX. DE LA CHAPA DE COBRE	6 mm	6 mm	6 mm
ESPESOR MÁX. DE LA CHAPA DE LATÓN	6 mm	6 mm	6 mm
DATOS ESPECÍFICOS DEL LÁSER - TRUDISK 4001			
POTENCIA LÁSER MÁX.	4000 W	4000 W	4000 W
ESPESOR MÁX. DE LA CHAPA DE ACERO DE CONSTRUCCIÓN	25 mm	25 mm	25 mm
ESPESOR MÁX. DE LA CHAPA DE ACERO INOXIDABLE	20 mm	20 mm	20 mm
ESPESOR MÁX. DE LA CHAPA DE ALUMINIO	20 mm	20 mm	20 mm
ESPESOR MÁX. DE LA CHAPA DE COBRE	8 mm	8 mm	8 mm
ESPESOR MÁX. DE LA CHAPA DE LATÓN	8 mm	8 mm	8 mm
DATOS ESPECÍFICOS DEL LÁSER - TRUDISK 6001			
POTENCIA LÁSER MÁX.	6000 W	6000 W	6000 W

Fuente: TRUMPF – Ficha de datos técnicos

Figura 2.6. Hoja de datos técnicos de las máquinas de corte láser (2)

	TruLaser 1030 fiber	TruLaser 1040 fiber	TruLaser 1060 fiber
ESPESOR MÁX. DE LA CHAPA DE ACERO DE CONSTRUCCIÓN	25 mm	25 mm	25 mm
ESPESOR MÁX. DE LA CHAPA DE ACERO INOXIDABLE	25 mm	25 mm	25 mm
ESPESOR MÁX. DE LA CHAPA DE ALUMINIO	25 mm	25 mm	25 mm
ESPESOR MÁX. DE LA CHAPA DE COBRE	10 mm	10 mm	10 mm
ESPESOR MÁX. DE LA CHAPA DE LATÓN	10 mm	10 mm	10 mm
VALORES DE CONSUMO			
CONSUMO DE POTENCIA MEDIO DURANTE LA PRODUCCIÓN - TRUDISK 2001	10 kW	10 kW	10 kW
CONSUMO DE POTENCIA MEDIO DURANTE LA PRODUCCIÓN - TRUDISK 3001	12 kW	12 kW	12 kW
CONSUMO DE POTENCIA MEDIO DURANTE LA PRODUCCIÓN - TRUDISK 4001	13 kW	13 kW	13 kW
CONSUMO DE POTENCIA MEDIO DURANTE LA PRODUCCIÓN - TRUDISK 6001	15 kW	15 kW	15 kW

Fuente: TRUMPF – Ficha de datos técnicos

- Máquinas de plegado:

Figura 2.7. Matrices utilizables de plegado de chapa

	TruBend 3066	TruBend 3100	TruBend 3170
FUERZA DE PRENSADO	660 kN	1000 kN	1700 kN
LONGITUD DE PLEGADO	2040 mm	3060 mm	4080 mm
PASO LIBRE DE MONTANTES	2364 mm	3384 mm	4404 mm
INTERFAZ DE USUARIO	Mando Multi-Touch T3500T	Mando Multi-Touch T3500T	Mando Multi-Touch T3500T
VELOCIDAD MÁX. DESCENSO RÁPIDO EJE Y	200 mm/s	-	-
VELOCIDAD MÁX. MOVIMIENTO DE CIERRE EJE Y	15 mm/s	15 mm/s	15 mm/s
MEDIDAS, PESO			
LONGITUD	2587 mm	3607 mm	4647 mm
ANCHURA	1644 mm	1644 mm	1644 mm
ALTURA	2370 mm	2370 mm	2925 mm
PESO	5650 kg	7700 kg	15000 kg
PESO PARA MODELO AMPLIADO (OPCIÓN)	-	8300 kg	-

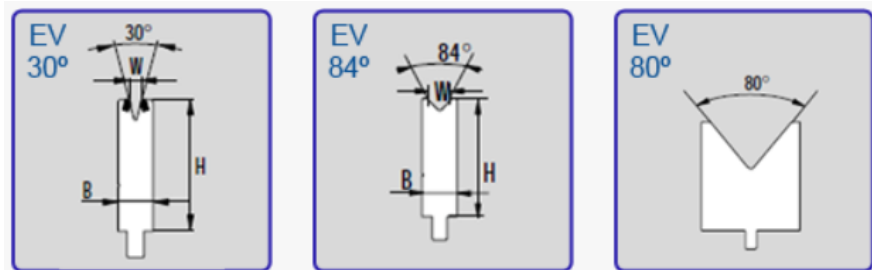
Fuente: TRUMPF – Ficha de datos técnicos

El espacio disponible destinado a este uso es de aproximadamente 13x11 m, luego en base a las dimensiones de las máquinas, se pueden colocar un total nueve máquinas, distribuidas en cuatro filas. La primera de ellas consta de tres máquinas de plegado situadas en serie (con su debido espacio entre ellas), una de cada tipo de las que aparecen en la Figura 2.7. Las

siguientes tres filas de máquinas colocadas dos a dos están formadas por las máquinas de corte, y se utilizarán dos de cada tipo de los disponibles en las Figuras 2.5 y 2.6.

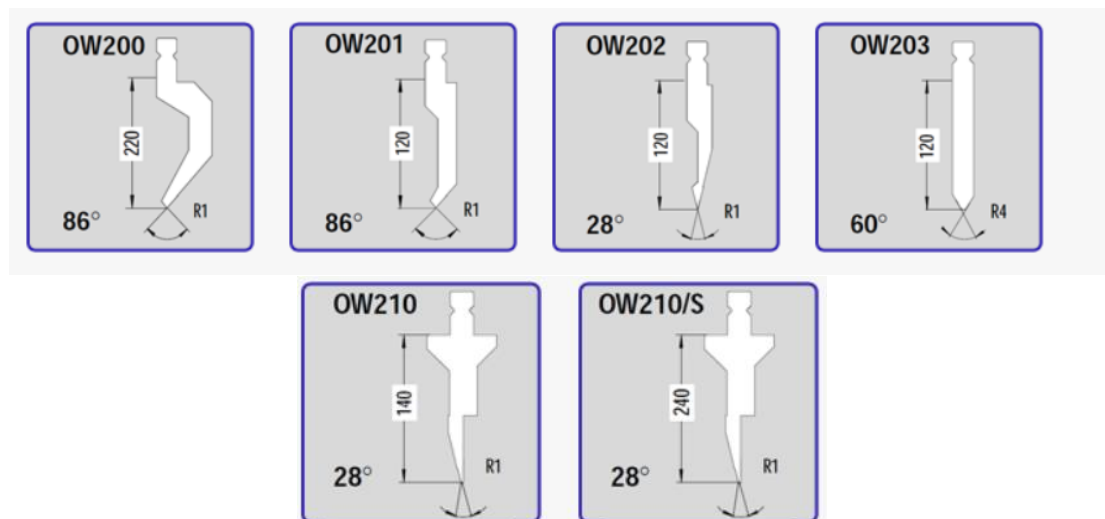
Otros datos técnicos a destacar de las máquinas de plegado utilizadas en la nave son las matrices y punzones de los que disponen (Figuras 2.8 y 2.9).

Figura 2.8. Matrices de plegado de chapa utilizables



Fuente: Láser Molina – Producción

Figura 2.9. Punzones de plegado de chapa utilizables



Fuente: Láser Molina – Producción

2.2.1.2. Almacén

Como se ha mencionado anteriormente, esta estancia se divide en dos zonas: el almacén de materia prima y el almacén de piezas terminadas (Figura 2.10); ambos con estanterías suficientes para guardar todo el material. En cada uno de ellos existe un acceso para camiones, que llevan a la nave todo el material y transporten las piezas terminadas, respectivamente. Además, todas las estanterías están acopladas y nombradas, de forma que, a la hora de almacenar las piezas, se pueda acceder a ellas con facilidad.

Figura 2.10. Almacén de piezas preparadas y clasificadas para expedición



Fuente: Directorio web de empresas

2.2.2. Áreas sociales

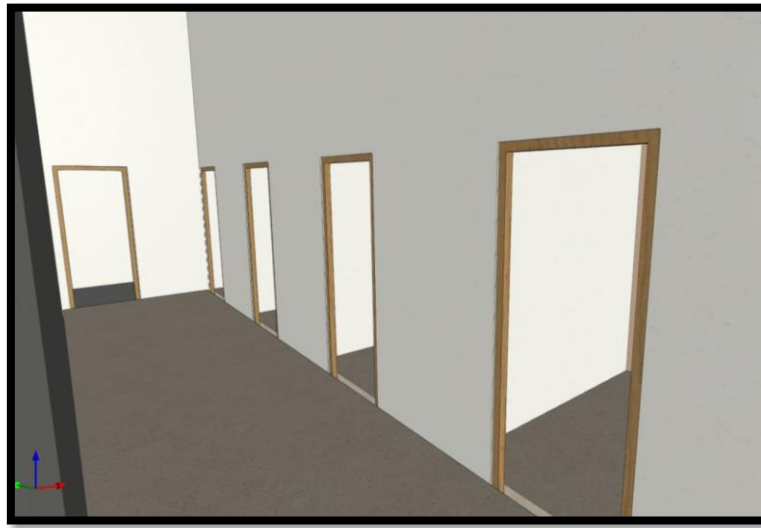
2.2.2.1. Aseos

Esta zona tiene unas medidas totales de 2 metros de ancho por 8 metros de largo. Se divide en dos baños para mujeres y dos baños para hombres, todos con dimensiones de 2 m². Cada uno de ellos estará dotado de los siguientes elementos:

- Un inodoro con carga y descarga automática de agua corriente, con papel higiénico.
- Un lavabo, un secador de manos por aire caliente, de parada automática y existencias de jabón, con un espejo de dimensiones 1x0,5 m.
- Una ducha cerrada y opaca de agua fría y caliente, así como desagüe, alumbrado, toalla y perchas.

La Figura 2.11 permite conocer la distribución de la zona de aseos, que ha sido recreada con CYPECAD MEP.

Figura 2.11. Zona de aseos (vista desde el final del vestuario)



Fuente: CYPECAD MEP – Obra 3D

2.2.2.2. Vestuario

El vestuario tiene las mismas dimensiones totales que la zona de aseos (2x8 m). Además, cuenta con los siguientes elementos:

- Cinco taquillas provistas de llave.
- Dos bancos de madera corridos.
- Un espejo de dimensiones 1x0,5 m.
- Instalación del botiquín de urgencia con: agua oxigenada, alcohol de 90º, amoníaco, algodón hidrófilo, gasa estéril, vendas, esparadrapo, antiespasmódicos y termómetro clínico.

2.2.3. Área administrativa

En este área se encuentra la oficina técnica (Figura 2.12), con dimensiones 20x9 m. Cuenta con 6 puestos de trabajo con ordenador personal, en el que se encuentra disponible el software necesario para las labores a realizar, así como EPIs y todo el equipo para realizar las mediciones de campo. La oficina técnica colinda con el despacho de reuniones, donde se encuentra una mesa rectangular de 1x2 m, así como otro puesto de trabajo.

Figura 2.12. Imagen ilustrativa de la oficina técnica

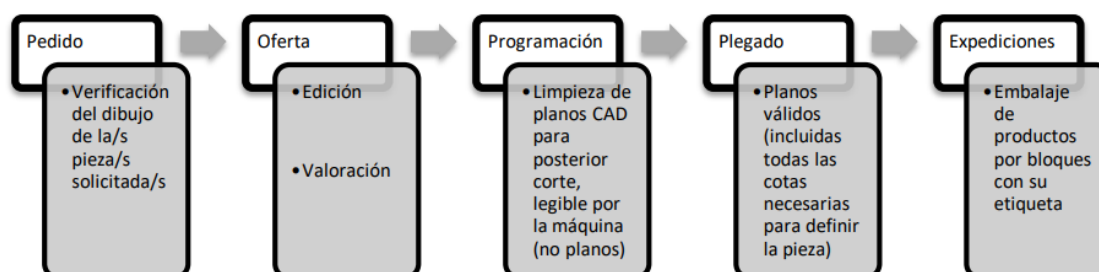


Fuente: Directorio web de empresas

3. DEFINICIÓN DETALLADA DEL PROCESO PRODUCTIVO

La finalidad de la nave industrial es el corte láser y plegado de chapa de aluminio, ferroaleaciones e inoxidables, pero se han de tener en cuenta el resto de fases que conforman el proceso productivo en su totalidad. En la Figura 3.1 se muestra el esquema del mismo.

Figura 3.1. Esquema del proceso productivo de la nave industrial



Es importante destacar que dicho proceso productivo debe tratar de ofrecer a los clientes la calidad exigida, contando con un documento que cubra bajo norma ISO las actividades realizadas en la nave. Por otro lado, si alguna fase del proceso es imposible de realizar por los trabajadores tanto de la oficina técnica como del taller, se realizarán subcontrataciones con diferentes empresas, que puedan tratar estas incidencias. Por ejemplo, las dimensiones máximas de la chapa original a tratar en las máquinas en cuestión son de 5000x3000 mm. En ningún momento el material puede ser más grande de estas dimensiones porque no entraría en la máquina, de manera que si lo que solicita el cliente excede estas medidas, existiría una **fase adicional de subcontrataciones** para que se tratara la chapa con esas medidas.

3.1. Pedido

En esta etapa el cliente realiza el pedido mediante el envío por correo de los planos y toda la información necesaria de la pieza deseada (cortada y/o plegada). Posteriormente, se pasa a la verificación de las piezas solicitadas. Parte de los trabajadores de la oficina técnica se encarga de dibujar, si procede, la pieza solicitada. Esto es debido a que es necesario que estén en un formato que la propia máquina entienda, que en el caso de las máquinas TRUMPF, es el formato DXF. De esta forma, si el cliente envía su pieza en un formato distinto, se deberá dibujar o transformar al mismo. Como la maquinaria utilizada es de la marca TRUMPF, el programa de dibujo utilizado es *TruTops*, el exclusivo software de construcción 2D/3D y programación de máquinas láser, máquinas de punzonado y máquinas de plegado de la propia marca. En el caso de que falte información en el pedido, se procede a contactar con el cliente. Por otro lado, el cliente también puede solicitar un servicio de reingeniería de sus piezas, asesoramiento técnico y de fabricación sobre el diseño de las mismas mediante corte y plegado, modelado de sólidos, y otro tipo de operaciones secundarias.

3.2. Oferta

Es posible que el cliente, previamente a realizar el pedido, solicite un precio estimado de la pieza que desea. En este caso, el trabajador de la oficina debe valorar y estimar un precio adecuado a la pieza, teniendo en cuenta el material solicitado y la duración del proceso de fabricación, entre otros factores. Se ha de obtener un buen precio de venta, es decir, vender a

un precio que los clientes estén dispuestos a pagar, a la par que se produzca al menor coste posible mientras se satisfagan las necesidades del cliente.

En caso de que el cliente haga el pedido directamente y se haya realizado la verificación, otra parte de los trabajadores de la oficina se encargan de editar el pedido. Esto es, el trabajador de la oficina técnica extrae en primer lugar la información del correo del cliente. Con esta información, debe asignar un número al pedido, el nombre del cliente en cuestión, la referencia del pedido, la fecha y el plazo máximo para su realización. Es importante destacar que cada pedido tiene su correspondiente código (referencia), de forma que, si se quiere volver a consultar, se pueda encontrar de forma sencilla mediante el gestor de pedidos. Cada uno de ellos debe tener un código único que lo identifique sin ambigüedades, es decir, a dicho código sólo le corresponderá una sola pieza, por lo que no puede haber dos piezas con nombre y geometría distintos que compartan dicho número interno. Esto garantiza que no haya errores en las transacciones comerciales con los clientes, reduciendo enormemente la tasa de devoluciones. Seguidamente, el editor ha de seleccionar el material de los disponibles en el taller, los cuales llevan también un código identificativo. Por ejemplo, si se desea una pieza de acero inoxidable, con un tratamiento superficial de satinado y de espesor 4 milímetros, el código en cuestión es *IS4*. Asimismo, debe introducir en el gestor de pedidos la cantidad de piezas solicitadas y el tratamiento que requiere. Como el taller se centra en el plegado de chapa, normalmente el tratamiento es el de plegado, valga la redundancia.

En resumen, para que un pedido esté correctamente editado, la respuesta a todas estas preguntas debe ser afirmativa:

- ❖ En el correo del cliente, ¿se indica que es PEDIDO?
- ❖ ¿El cliente está dado de alta y es correcto?
- ❖ ¿Se ha definido la referencia del pedido?
- ❖ ¿La fecha de entrega del pedido es correcta?
- ❖ ¿Se han asignado los tratamientos que requiere la pieza?
- ❖ ¿El pedido está impreso en el orden correcto? (Portada de pedido, correo del cliente, hoja de pedido y planos de las piezas).

3.3. Programación

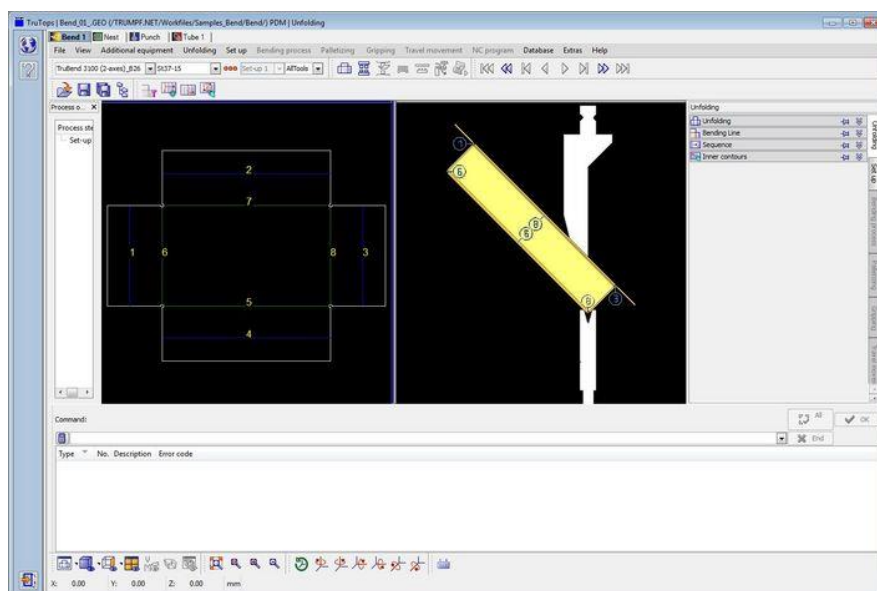
En el caso de que el cliente además solicite un acabado superficial determinado que requiera conocer la dirección del mismo, en el dibujo DXF se mostrará la línea con el color correspondiente al acabado solicitado y en la dirección que se pida. También es posible que además de cortar, quiera plegar, o grabar, de forma que el láser únicamente marque el contorno seleccionado. Para todas estas especificaciones, la máquina cortará según el siguiente código de colores:

- Blanco: corte de la chapa.
- Azul: grabado suave siendo el tipo de línea y grosor el demandado por el usuario. La máquina láser no utiliza ningún tóner o tinta para realizar los grabados. Los colores o tonalidades conseguidas dependerán del propio material, es decir, no hace color.
- Rojo: grabado fuerte. Ídem que para el grabado suave.
- Amarillo: plegado de la pieza. Se utilizará un trazado continuo de la línea en el caso de pliegue positivo y discontinuo para pliegue negativo.

- **Magenta:** Información adicional. La máquina omite este color. Se utiliza para informar al trabajador de alguna consideración que ha de tener al introducir el dibujo en la máquina. Es útil en el caso de querer un acabado superficial que requiera conocer la dirección del mismo, como puede ser el satinado, y el relieve de grano de arroz y estriado.

Por otro lado, en este proceso de programación también se comprueba si la pieza diseñada va a ser correctamente plegada. Esto se lleva a cabo mediante una simulación del pliegue con la herramienta *TruTops Bend*, el software de TRUMPF (Figura 3.2). Así, si surge algún problema en el proceso de programación (p.e. asignación de útiles incorrectos) se puede detectar fácilmente. Esto hace que los tiempos no productivos se reduzcan lo suficiente como para aumentar la disponibilidad de la máquina, para que pueda trabajar sin paradas y de forma productiva.

Figura 3.2. Simulación del pliegue con TruTops Bend



Fuente: TRUMPF – Software

3.3.1. Corte láser

En cuanto al corte de chapa, se lleva a cabo en espesores de hasta 25 milímetros, utilizando la maquinaria de la empresa alemana TRUMPF, como se ha comentado anteriormente. Una vez que el dibujo esté en el formato correcto (DXF), con el código de colores adecuado y con ausencia de cualquier tipo de cota o anotación en el propio dibujo (limpio), ya es posible llevar a cabo el corte láser. Es decir, las máquinas de corte únicamente leen los trazos a cortar de la chapa, luego la oficina técnica previamente se debe encargar de que los archivos enviados a maquinaria no cuenten con ningún tipo de cota, medida, líneas auxiliares, etc. Esto se logra debido a que la máquina es capaz de conocer las medidas de forma directa desde el propio archivo DXF, donde previamente se ha dibujado cada elemento con su medida a escala 1:1. Además, a la hora de perforar la chapa, hay que tener en cuenta las mínimas perforaciones realizables en el láser (Tabla 3.1), ya que es posible que en la pieza existan taladros de un diámetro imposible de realizar por la máquina.

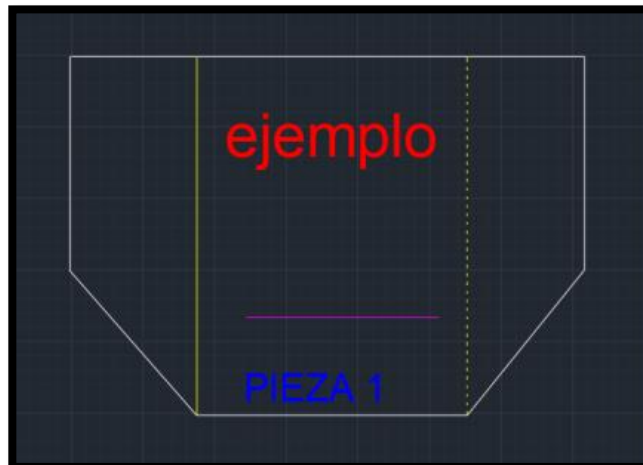
Espesor de la chapa	\varnothing_{\min} Inoxidable	\varnothing_{\min} Hierro	\varnothing_{\min} Aluminio
0,5-2	1	1	1
3	2	2	2,5
4	2,5	2,5	3
5	4	4	5
6	5	5	6
8	6	6	7
10	8	8	9
12	9	9	11
14	9	9	13
16	13	14	15
18	15	16	
20	16	18	
25	22	25	

Tabla 3.1. Perforaciones mínimas realizables en el láser

En el caso de haber solicitado taladro con un diámetro menor que el disponible, la máquina marcará con láser el centro de la perforación, para que el cliente con cualquier herramienta de corte de la que disponga, pueda cortarlo de forma manual, habiendo localizado fácilmente el centro del círculo.

A continuación se muestra un ejemplo de una pieza en la que se solicite adicionalmente grabado, plegado y acabado superficial que requiera dirección.

Figura 3.3. Ejemplo ilustrativo de aplicación del código de colores de la máquina



Fuente: Autodesk AutoCAD 2021

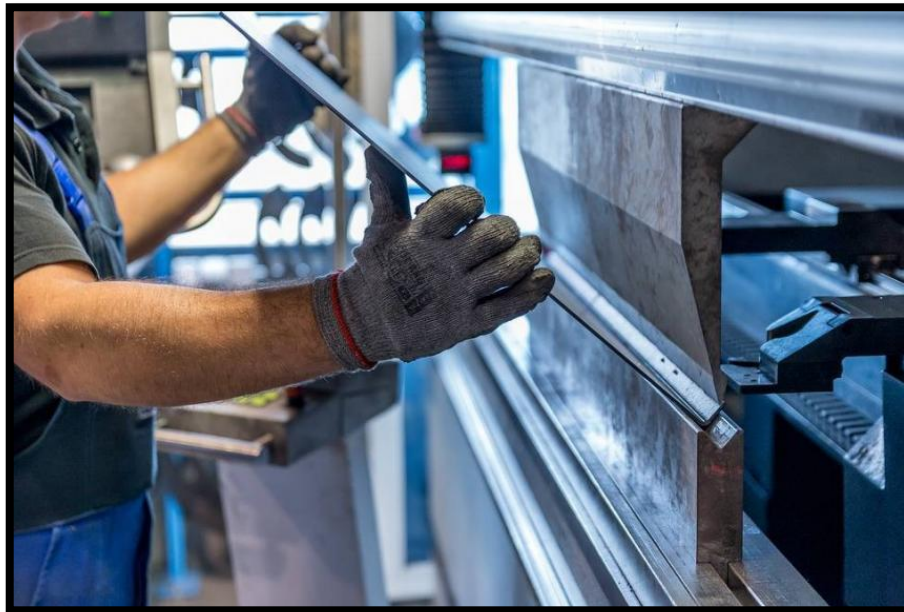
Como se puede apreciar en la Figura 3.3, la máquina corta la chapa siguiendo el contorno establecido (color blanco), graba de forma intensa el texto en color rojo y de forma suave el texto en color azul. Por otro lado, el trabajador sabe qué dirección lleva el acabado superficial (satinado, estriado o grano de arroz) mediante la línea de color magenta; y conoce cómo son los plegados, que se tratarán en la siguiente etapa del proceso productivo.

3.4. Plegado

Es posible que el cliente, además del corte, necesite plegar la pieza. En este caso, una vez que se haya cortado, ésta pasa a las máquinas de plegado, donde sí se requiere la utilización de

planos válidos (con sus respectivas cotas y medidas). Las máquinas plegadoras tienen dos funciones: conformar y plegar piezas de metal. El plegado de chapa consiste en dar forma a la pieza metálica mediante un proceso de deformación plástica. Para ello, es necesaria la presencia de plegadoras de chapa de alta precisión como las que se han presentado anteriormente. Ésta ejerce una determinada presión sobre el material para poder doblarlo y así adquirir la forma solicitada. La pieza metálica se pliega de forma gradual gracias a la presión ejercida, al estar situada entre el punzón y la matriz (Figura 3.4). De esta forma, la fuerza de la presión es la que determina el plegado y la forma final de la chapa.

Figura 3.4. Proceso de doblado de chapa



Fuente: Alsimet – Plegado de chapa

3.5. Expediciones

Las piezas terminadas se guardan en el almacén, listas para ser enviadas (Figura 3.5). Dentro del mismo, las piezas se encuentran separadas y claramente diferenciadas en dos grupos: las que sólo han sido cortadas, y las que se han sometido a más procesos de fabricación. Los clientes reciben sus productos acabados según sus especificaciones, posibilitando una reducción de stock, trazabilidad, etc. Además, el sistema de producción es lo suficientemente óptimo como para reducir a menos de 24 horas los plazos de entrega en casos justificados.

Figura 3.5. Expedición de piezas acabadas



Fuente: GP Técnicas Metálicas – Naves industriales

4. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES NECESARIAS

Todas las instalaciones que se verán en los siguientes apartados han sido calculadas mediante CYPECAD MEP, el programa de cálculo de instalación de edificación diseñado por CYPE S.A. Se seguirá paso a paso el proceso de cálculo de las instalaciones empezando por el estudio térmico (que incluye cerramientos, tabiquería interior, forjados, solera, cubierta, recintos, carpintería y lucernarios); seguido de la instalación eléctrica (canalizaciones, cuadros generales de mando, tomas de corriente, luminarias, interruptores y detectores de movimiento); y la climatización necesaria para cada estancia. Es importante destacar que, a la hora de escoger ciertos materiales, además de usar el generador de precios correspondiente a la ubicación definida (Huesca), se ha utilizado la biblioteca de HULC, perteneciente al Código Técnico de la Edificación.

4.1. Estudio térmico. Obra civil

4.1.1. Cerramientos

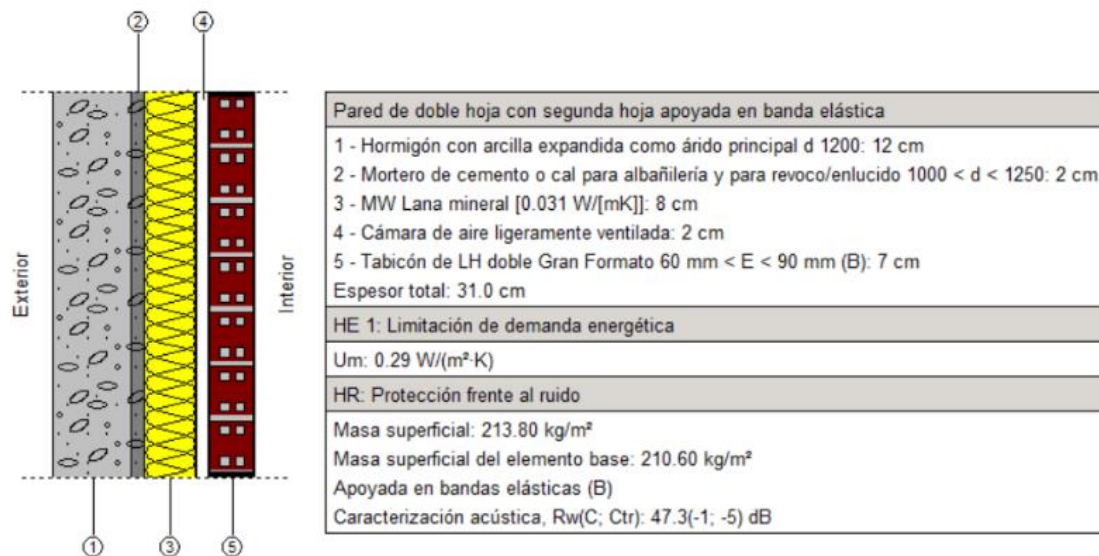
Para definir la envolvente de la nave, se deben determinar distintos elementos constructivos y, en primer lugar, se comenzará con el cálculo de los cerramientos. Éstos serán fachadas y no medianería, puesto que no existe ningún edificio colindante. Evidentemente los requerimientos térmicos que se tiene para cada una de las distintas estancias son diferentes. Por tanto, no se tienen por qué definir con los mismos materiales los cerramientos que conforman la nave, por cuestiones de índole técnica y económica. De esta forma, se definirá un cerramiento específico para el área de producción, y otro distinto para las áreas administrativa y social. Para estas dos últimas áreas se utilizará el mismo cerramiento ya que sus condiciones térmicas no van a diferenciarse demasiado a efectos de usabilidad, de forma que al salir de la oficina y dirigirse al vestuario y aseos, no se tenga una sensación térmica distinta.

La zona de despachos y oficinas (área administrativa) tendrá unos requerimientos térmicos lo suficientemente elevados como para que se haga un cerramiento que funcione de forma pasiva muy favorablemente. En el caso de que existan carencias en los cerramientos, se suplirán con la climatización en dichas estancias con esa aportación energética. Sin embargo, hay que tener en cuenta que cualquier consumo de energía posterior será penalizado desde el punto de vista del código técnico y desde el punto de vista económico. El cerramiento en este caso estará formado por una primera hoja con cámara de aire y otra hoja adicional. El revestimiento exterior, es decir, el acabado final visible, no se tendrá en cuenta puesto que los elementos importantes son los ya mencionados previamente.

A la hora de definir el cerramiento para oficinas y como ya se ha comentado, se requiere que tenga un comportamiento pasivo lo más óptimo posible, luego conviene que éste se defina con un coeficiente de transmisión térmica lo suficientemente bueno como para evitar que existan aportaciones de calor del exterior o pérdidas indeseadas. Así, se podrá conseguir que el consumo energético sea mínimo a la hora de aclimatar este espacio. Aunque lógicamente no se logre que el sistema sea adiabático, se podrá evitar que existan intercambios y transferencias de calor entre el interior y el exterior que tengan que ser compensadas con el consumo de energía (climatización). Para seleccionar el material, es posible utilizar losa alveolar, pero el problema es que el canto mínimo es de 20 centímetros, mientras que para la

nave en cuestión puede ser que se necesite de menor espesor. Es por ello que se ha considerado conveniente seleccionar hormigón ligero con arcilla esparcida como árido principal de 12 cm de espesor y densidad 1200 kg/m^3 , para que ésta (la arcilla) aligere al propio hormigón. Para mejorar la posible ausencia de impermeabilización, se ha introducido mortero hidrófugo como primer trasdosado para el hormigón, concretamente mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido de 2 cm con densidad entre 1000 y 1250 kg/m^3 . Finalmente, queda por introducir en esta primera hoja el aislante. Cuanto menor coeficiente de expansión térmica tenga más favorecerá a la instalación, luego el seleccionado es lana mineral con coeficiente de $0,031 \text{ W/(mK)}$ y espesor de 8 cm. Por otro lado, se ha elegido que tenga cámara de aire pequeña (de 2 cm) y ligeramente ventilada. En cuanto a la segunda hoja, estará formada por tabicón de ladrillo hueco doble de 7 cm de espesor y con banda elástica, para evitar la transmisión de ruido que pueda provocar la maquinaria desde el área de producción. Todos estos datos del primer cerramiento quedan resumidos en la Figura 4.1.

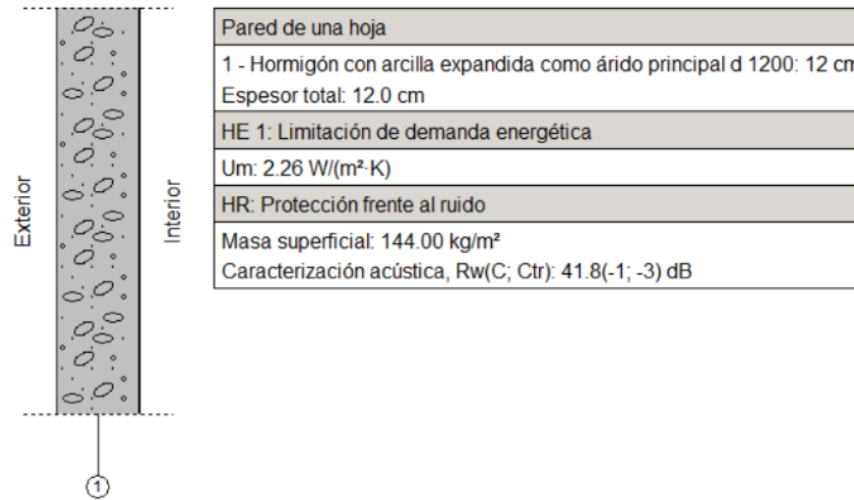
Figura 4.1. Resumen del cerramiento para zonas de oficina técnica y despacho, y vestuario y aseos



Fuente: CYPECAD MEP – Estudio térmico: Cerramientos

En cuanto al cerramiento del resto de la nave (área de producción) no se requieren especiales condiciones climáticas. Es por ello que únicamente se utiliza, del cerramiento anterior, la parte del hormigón aligerado (Figura 4.2).

Figura 4.2. Resumen del cerramiento para zonas de almacén y maquinaria (resto de la nave)



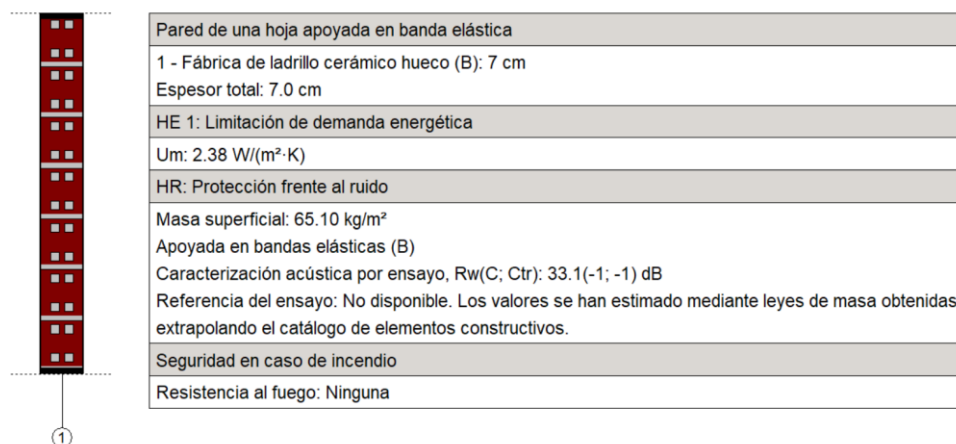
Fuente: CYPECAD MEP – Estudio térmico: Cerramientos

4.1.2. Tabiquería interior

La tabiquería interior no forma parte de la envolvente, pero define la separación de los distintos espacios con diferentes usos, luego es importante calcularla. Para este caso vamos a tener dos tipos de tabiquería, una obtenida por el generador de precios y otra en seguimiento del CTE a través de la biblioteca HULC.

La primera de ellas está destinada a las particiones interiores de la nave y se trata de una hoja de partición interior de 7 cm de espesor de fábrica de ladrillo cerámico hueco (tochana), para revestir, con su correspondiente caracterización acústica y seguridad en caso de incendio (Figura 4.3).

Figura 4.3. Caracterización del primer tipo de tabiquería interior (particiones interiores)

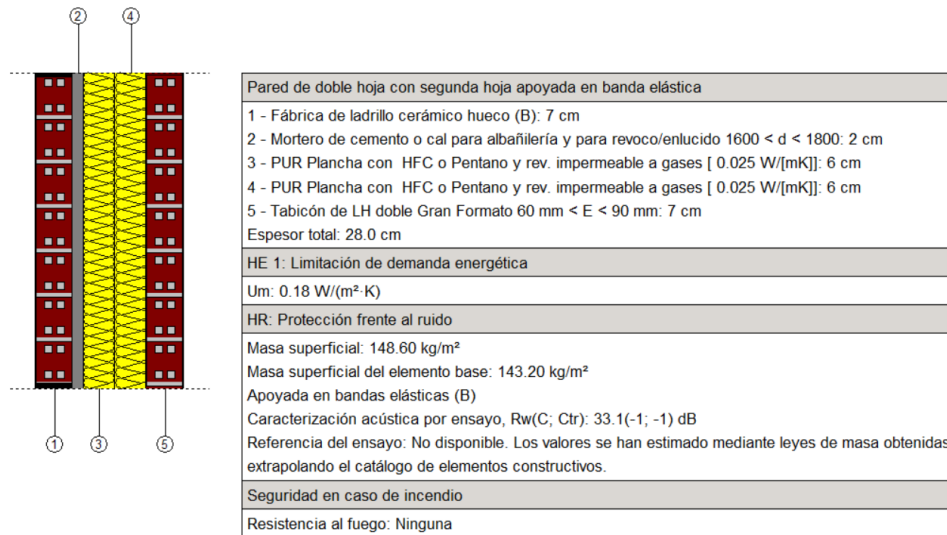


Fuente: CYPECAD MEP – Estudio térmico: Tabiquería

El otro tipo de tabique interior (Figura 4.4) cuenta con doble aislante y se situará en la zona de oficinas y vestuarios para conseguir un mejor comportamiento térmico de ese espacio. Está

formada por una primera hoja de ladrillo cerámico hueco de 7 cm de espesor, con mortero de cemento de 2 cm de espesor con una densidad entre 1600 y 1800 kg/m³ y un aislante que consta de una plancha de poliuretano y revestimiento impermeable a gases con el menor coeficiente de expansión posible (0,025 W/[Mk]), y espesor de 6 cm. Además, cuenta con una segunda hoja formada por el mismo tipo de aislante ya mencionado y tabicón de ladrillo hueco de 7 cm de espesor.

Figura 4.4. Caracterización de la tabiquería interior destinada a zona de aseos y oficinas



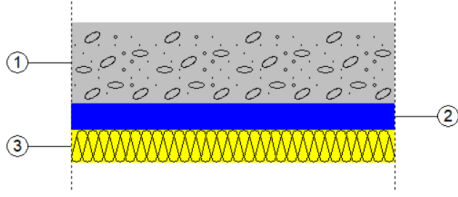
Fuente: CYPECAD MEP – Estudio térmico: Tabiquería

4.1.3. Solera

Esta solera está definida también por capas, siendo la primera de ellas de hormigón armado de 15 cm. Bajo esta capa se sitúa un impermeabilizante plástico formado por polietileno de alta densidad de 5 cm. Por último, se ha añadido otra capa más que actúe como aislante y formada por una plancha de poliuretano de 6 cm. Además de este aislamiento, cuenta con otro perimetral, con el fin de evitar que se produzcan condensaciones o algún tipo de humedad hacia el interior.

Ésta se situará en todo el perímetro de la nave, y con posterioridad se marcarán elementos de acabado para las distintas estancias por el interior. Sus características se muestran en la Figura 4.5.

Figura 4.5. Resumen de las características de la solera

	S01 1 - Hormigón armado $d > 2500$: 15 cm 2 - Polietileno alta densidad [HDPE]: 5 cm 3 - PUR Plancha con HFC o Pentano y rev. impermeable a gases [0.025 W/[mK]]: 6 cm Espesor total: 26.0 cm
	HE 1: Limitación de demanda energética U_s : 0.21 W/(m ² ·K) (Para una solera con longitud característica $B' = 5$ m) Solera con banda de aislamiento perimetral (ancho 0.5 m y resistencia térmica: 0.5 m ² ·K/W) Detalle de cálculo (U_s) Superficie del forjado, A : 100.00 m ² Perímetro del forjado, P : 40.00 m Resistencia térmica del forjado, R_f : 2.56 m ² ·K/W Resistencia térmica del aislamiento perimetral, $R_{f'}$: 0.50 m ² ·K/W Espesor del aislamiento perimetral, d_n : 5.00 cm Tipo de terreno: Arcilla semidura HR: Protección frente al ruido Masa superficial: 441.70 kg/m ² Masa superficial del elemento base: 439.00 kg/m ² Caracterización acústica, $R_w(C; C_{tr})$: 58.9(-1; -7) dB Nivel global de presión de ruido de impactos normalizado, L_n, w : 71.5 dB

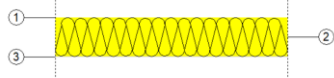
Fuente: CYPECAD MEP – Estudio térmico: Forjados

4.1.4. Cubierta

La cubierta (Figura 4.6) es metálica, luego no se ha definido ningún tipo de forjado, ya que no tiene prácticamente incidencia. Lo que sí se incluye es el revestimiento exterior, que está formado por chapa sándwich con una primera capa de aluminio de 1 mm de espesor, una capa intermedia que actúa como aislante formada por poliestireno expandido, con conductividad térmica relativamente baja y de 10 cm de espesor; y una tercera capa de aluminio similar a la primera. En cuanto a la protección frente a la humedad:

- Formación de pendientes: tablero cerámico y tabicones aligerados sobre forjado de hormigón.
- Tipo de impermeabilización: material bituminoso/bituminoso modificado.

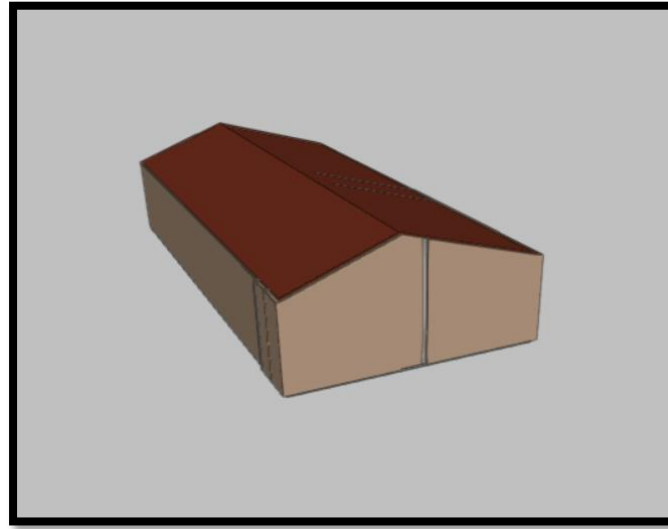
Figura 4.6. Resumen de las características de la cubierta

	Tipo: Tablero cerámico y tabicones aligerados sobre forjado de hormigón 1 - Aluminio: 0.1 cm 2 - XPS Expandido con dióxido de carbono CO ₂ [0.034 W/[mK]]: 10 cm 3 - Aluminio: 0.1 cm Espesor total: 10.2 cm
	HE 1: Limitación de demanda energética U_o refrigeración: 0.32 W/(m ² ·K) U_o calefacción: 0.32 W/(m ² ·K) HR: Protección frente al ruido Masa superficial: 9.15 kg/m ² Caracterización acústica por ensayo, $R_w(C; C_{tr})$: 55.0(-1; -4) dB Referencia del ensayo: q1 HS 1: Protección frente a la humedad Tipo de cubierta: Tablero cerámico y tabicones aligerados sobre forjado de hormigón Tipo de impermeabilización: Material bituminoso/bituminoso modificado

Fuente: CYPECAD MEP – Estudio térmico: Forjados

Finalmente, hay que destacar que se ha introducido un desnivel de 3 metros, como se puede apreciar en la Figura 4.7.

Figura 4.7. Cubierta de la nave con dos faldones



Fuente: CYPECAD MEP – Obra 3D

4.1.5. Recintos

La definición de recintos sirve para determinar el uso que se va a desarrollar en cada uno de ellos. En ellos se determinará cuáles son las condiciones climáticas, que servirán de base para el cálculo de las cargas térmicas. El hecho de que una instalación tenga unas condiciones climáticas asociadas al confort (en función del uso que tengan) determina también cuál es la carga, en frigorías o calorías, que demanda para llegar a ese nivel de confort. No solamente es a efectos de frío y calor, sino también en los niveles de ventilación que tendrán que aplicarse para dicha estancia. Hay que destacar que se han escogido los materiales correspondientes al generador de precios.

Para las oficinas, CYPE tiene predefinidos los valores que se recogen en la Figura 4.8 sobre los estudios térmico y climático:

Figura 4.8. Valores predefinidos de CYPE para las oficinas

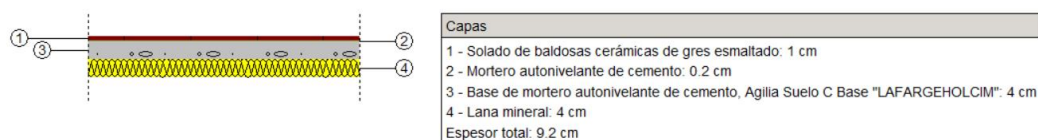
Parámetros para el estudio térmico	
Habitacle	
Parámetros para el estudio climático	
Climatizado	
Condiciones interiores	
Temperatura de verano:	24.00 °C
Humedad relativa de verano:	50.00 %
Temperatura de invierno:	21.00 °C
Humedad relativa de invierno:	30.00 %
Ocupación	
Superficie por persona:	9.00 m², Por persona
Iluminación	
Potencia instalada de iluminación por superficie:	14.00 W/m²
Instalaciones	
Potencia sensible:	16.00 W/m²
Ventilación	
Categoría de la calidad de aire interior:	IDA 2 Aire de buena calidad

Fuente: CYPECAD MEP – Recintos

Para el revestimiento de las paredes, se ha escogido una capa de acabado de pintura plástica. Además, presenta un acabado mate y textura lisa. Dicha capa de acabado tiene que estar sobre un paramento de yeso, luego el revestimiento base ha de estar definido y para este caso se trata de un guarnecido de yeso. El espesor total del revestimiento es de 15 mm y se han colocado mallas con el fin de que el yeso sea más resistente frente a las tensiones provocadas en los puntos singulares de la nave. Por tanto, se trata de un elemento de seguridad y en consecuencia de calidad.

En cuanto a la solera, al ser de hormigón se ha escogido un pavimento interior de gres y una base de pavimentación constructivamente compatible con dicho pavimento. Esto es, si se quisiera establecer una base de árido, no sería posible esta combinación al ser incompatibles constructivamente la gravilla con las baldosas cerámicas. Es por ello que se ha escogido como base un suelo flotante. La composición completa del revestimiento del suelo se recoge en la Figura 4.9.

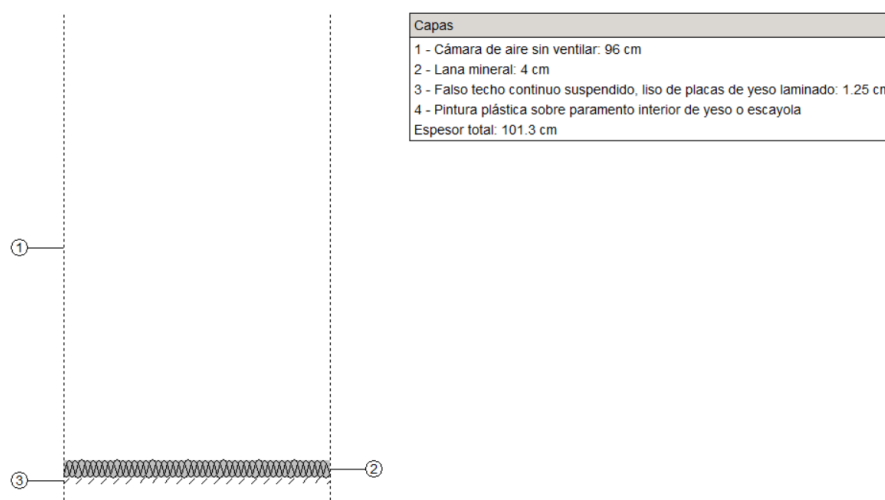
Figura 4.9. Descripción de las características del revestimiento del suelo de oficinas



Fuente: CYPECAD MEP – Recintos

El revestimiento del techo está formado por un techo suspendido continuo (falso techo de placas de yeso laminado), con un espesor de la cámara de aire de 100 cm y un aislamiento acústico a ruido aéreo sobre falso techo, con paneles de lana mineral. Al igual que las paredes, el acabado superficial del techo es una pintura plástica.

Figura 4.10. Descripción de las características del revestimiento del techo de oficinas



Fuente: CYPECAD MEP – Recintos

En cuanto a la zona de aseos, CYPE cuenta con los valores predefinidos que se muestran en la Figura 4.11.

Figura 4.11. Valores predefinidos de CYPE para los aseos

Parámetros para el estudio térmico	
Habitable	
Parámetros para el estudio climático	
Sin climatizar	
Condiciones interiores	
Temperatura de verano:	24.00 °C
Humedad relativa de verano:	50.00 %
Temperatura de invierno:	21.00 °C
Humedad relativa de invierno:	30.00 %

Fuente: CYPECAD MEP – Recintos

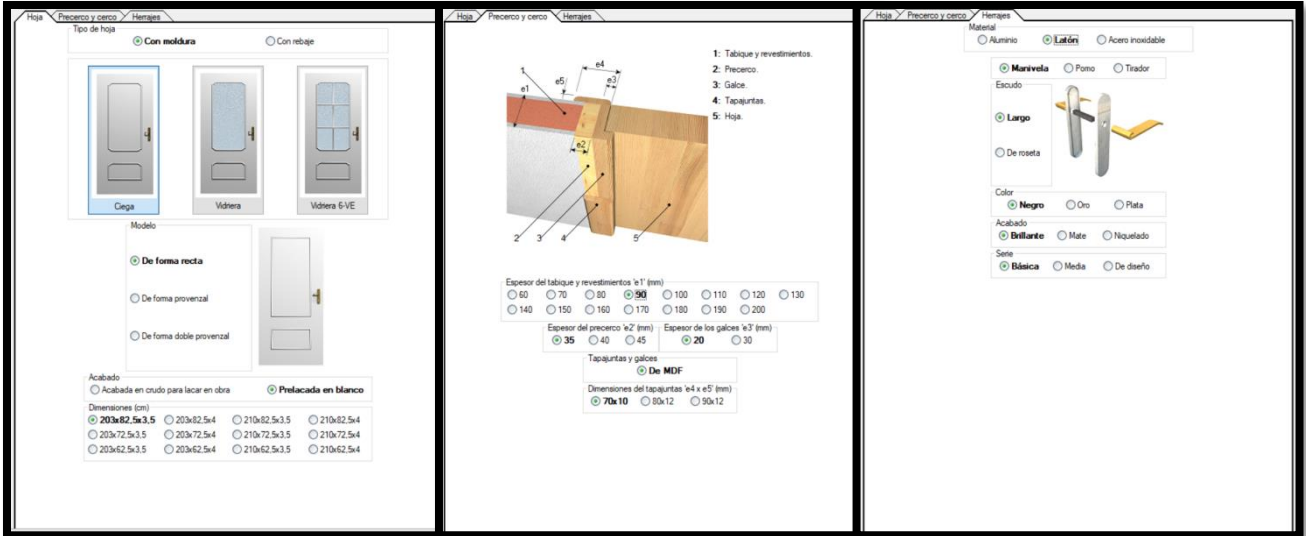
A efectos de comportamiento térmico, tanto los aseos como el vestuario tienen las mismas características, luego los parámetros para el estudio térmico y climático de la Figura 4.11 son los que se han aplicado para dicho recinto.

El área de producción se ha considerado como todo el mismo recinto al estar unidos tanto la zona de producción como los almacenes. Además, para el revestimiento del suelo no es adecuado utilizar también gres en este caso, luego para este recinto no existe ni pavimento ni base de pavimentación. Por tanto, será la solera la que servirá para delimitar el suelo a los efectos de acabado. Asimismo, se ha suprimido el falso techo que se introdujo en el resto de recintos, de forma que sea la propia cubierta de la nave la que delimite esta zona.

4.1.6. Carpinterías

Para las estancias de la nave correspondientes a aseos, vestuario, oficina y despacho, se han utilizado puertas de paso interior del generador de precios de CYPE. Son abatibles, de una hoja y el material es tablero de MDF. Sin embargo, para la puerta de acceso a la nave no se ha utilizado el generador de precios, sino que se ha creado una nueva. Ésta tiene dimensiones de 3x4 m, con un coeficiente de transmisión de 2 W/(m²K) y color intermedio. En las Figuras 4.12 y 4.13 se muestran sus características en detalle.

Figura 4.12 y figura 4.13. Descripción detallada de las puertas de las estancias y el acceso a la nave



Hoja / Preselec y cierre / Menús
☒ Con moldura ☐ Con rebaje
☒ Ciega ☐ Vidriera ☐ Vidriera 6-VE
Modelo
☒ De forma recta
☐ De forma provental
☐ De forma doble provental
Acabado
☐ Acabada en crudo para lacar en obra ☒ Prelacada en blanco
Dimensiones (mm)
☒ 203x62.5x3.5 ☐ 203x62.5x4 ☐ 210x62.5x3.5 ☐ 210x62.5x4
☐ 203x72.5x3.5 ☐ 203x72.5x4 ☐ 210x72.5x3.5 ☐ 210x72.5x4
☐ 203x62.5x3.5 ☐ 203x62.5x4 ☐ 210x62.5x3.5 ☐ 210x62.5x4
Hoja / Preselec y cierre / Menús
Material
☐ Aluminio ☒ Latón ☐ Acero inoxidable
Escudo
☒ Manivela ☐ Pomo ☐ Tirador
☒ Largo ☐ De roseta
Color
☒ Negro ☐ Oro ☐ Plata
Acabado
☒ Brillante ☐ Mate ☐ Niquelado
Sete
☒ Básica ☐ Media ☐ De diseño
Hoja / Preselec y cierre / Menús
Diagrama de corte:
1: Tabique y revestimientos.
2: Preselec.
3: Galce.
4: Tapajuntas.
5: Hoja.
Espesor del tabique y revestimientos "e1" (mm)
☐ 60 ☐ 70 ☐ 80 ☒ 90 ☐ 100 ☐ 110 ☐ 120 ☐ 130
☐ 140 ☐ 150 ☐ 160 ☐ 170 ☐ 180 ☐ 190 ☐ 200
Espesor del preselec "e2" (mm)
☐ 35 ☐ 40 ☐ 45 ☒ 50
Espesor de los galces "e3" (mm)
☐ 20 ☐ 30
Tapajuntas y galces
☒ De MDF
Dimensiones del tapajuntas "e4 x e5" (mm)
☒ 70x10 ☐ 80x12 ☐ 90x12

Luz y altura de paso (mm)
☐ 1440x1945 ☐ 1640x1945 ☐ 1840x1945
☐ 1440x2045 ☐ 1640x2045 ☒ 1840x2045
Acabado
☐ Galvanizado
☒ Lacado en color blanco
☐ Lacado en color a elegir de la carta RAL
Con rejillas de ventilación
☐ No ☒ Sí

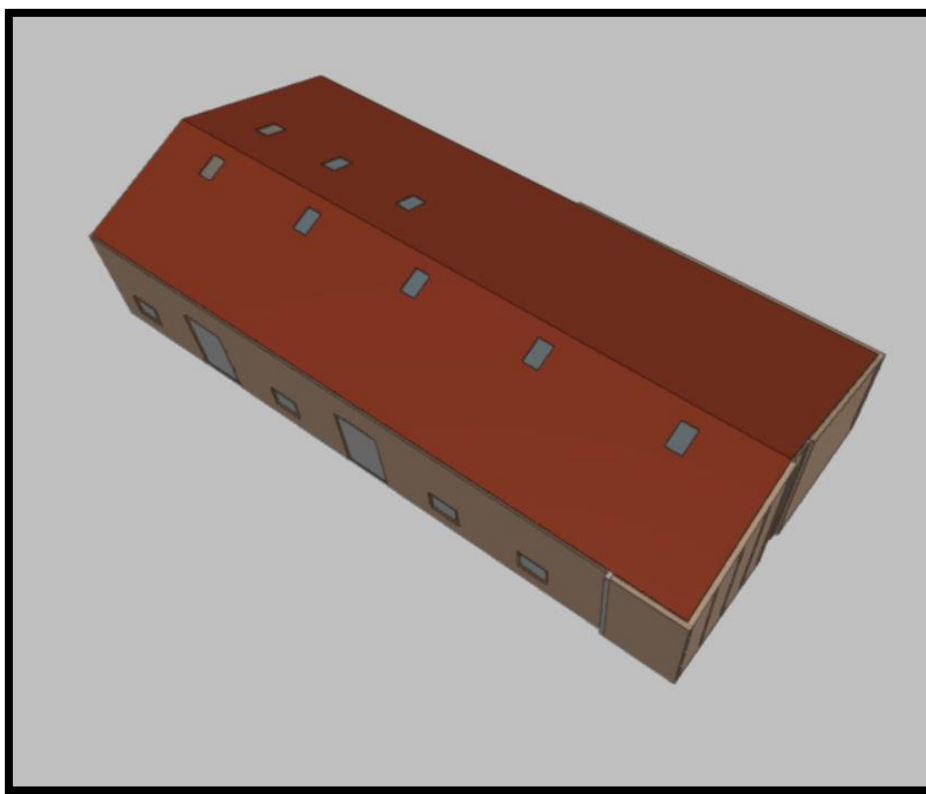

Fuente: CYPECAD MEP – Puertas

Por otro lado, las ventanas son abisagradas, con apertura hacia el interior, oscilobatientes y de dos hojas. Cuenta con doble acristalamiento, con un espesor de vidrio de 4 mm (templado). Además presenta cámara de aire de 16 mm de espesor, para poder tener la menor transmitancia térmica posible con estas características: 1,4 W/(m²K). Sus dimensiones son de 2x1,6 m, con una altura sobre el suelo de 1 metro.

Para finalizar el apartado correspondiente a carpinterías, se encuentran los lucernarios. Su finalidad es introducir iluminación natural para permitir la reducción del consumo eléctrico en la nave. Evidentemente, hay que tener en cuenta la orientación y la transferencia de calor

entre interior y exterior. Asimismo, la apertura puede provocar en la cubierta la entrada de agua, por lo que habrá que tenerla en cuenta en la solución constructiva. Conviene introducir accesorios con el fin de limitar la entrada de luz, como por ejemplo, la incorporación de una persiana de lamas metálicas o de plástico. Al estar en los faldones a ambos lados de la cumbrera, se tendrá una incidencia grande de la luz solar y por tanto se va a tener una transferencia de calor y frío que puede ser importante. Por ello, se ha introducido una resistencia térmica adicional de $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Las dimensiones de los lucernarios son de $1 \times 1,5 \text{ m}$ y su disposición se muestra en la Figura 4.14.

Figura 4.14. Disposición de los lucernarios



Fuente: CYPECAD MEP – Obra 3D

4.1.7. Resultados del cálculo de la demanda energética

4.1.7.1. Porcentaje de ahorro de la demanda energética y resumen del cálculo

El proceso de definición de la envolvente sirve fundamentalmente para tener una modelización del edificio lo más parecido posible al que se va a construir posteriormente, con la finalidad de ver cuál es su comportamiento desde el punto de vista térmico. Por tanto, a continuación se calculará ese modelo en base a todas las instalaciones introducidas en los apartados anteriores. Cabe destacar que para el cálculo de este estudio térmico se han definido previamente como zonas acondicionadas habitables tanto la oficina técnica como el despacho.

La carga térmica de las fuentes internas de la nave, en relación a la densidad obtenida de dichas fuentes ($C_{Fi,edif} = 2.4 \text{ W}/\text{m}^2$), se puede determinar como baja. Por tanto, se obtiene un

porcentaje de ahorro de la demanda energética respecto al edificio de referencia conforme al CTE DB HE 1, que es el siguiente:

$$\%AD = 100 \cdot (D_{G,ref} - D_{G,obj}) / D_{G,ref} = 100 \cdot (137.9 - 79.4) / 137.9 = 42.4 \% \quad \%AD_{exigido} = 25.0 \% \quad \checkmark$$

donde:

$\%AD$: Porcentaje de ahorro de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración respecto al edificio de referencia.

$\%AD_{exigido}$: Porcentaje de ahorro mínimo de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración respecto al edificio de referencia para edificios de otros usos en zona climática de verano 2 y Baja carga de las fuentes internas del edificio, (tabla 2.2, CTE DB HE 1), 25.0 %.

$D_{G,obj}$: Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio objeto, calculada como suma ponderada de las demandas de calefacción y refrigeración, según $D_G = D_c + 0.7 \cdot D_r$, en territorio peninsular, kWh/(m²·año).

$D_{G,ref}$: Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio de referencia, calculada en las mismas condiciones de cálculo que el edificio objeto, obtenido conforme a las reglas establecidas en el Apéndice D de CTE DB HE 1 y el documento 'Condiciones de aceptación de programas alternativos a LIDER/CALENER'.

Nota: El edificio de referencia está descrito en el apéndice D del Documento Básico HE de Ahorro de energía (ver ANEXOS). Está definido con el mismo tamaño, zonificación interior, forma, orientación, uso de cada espacio, e iguales obstáculos remotos que la nave objeto. Se diferencian en los parámetros característicos de la envolvente, que están recogidos en el documento mencionado.

La Tabla 4.1 muestra un resumen de los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de la zona de oficinas, que constituye la demanda total de la nave al no considerarse más zonas habitables.

Zonas habitables	S_u (m ²)	Horario de uso, Carga interna	C_{FI} (W/m ²)	$D_{G,obj}$		$D_{G,ref}$		%AD
				(kWh /año)	(kWh/ m ² ·a)	(kWh /año)	(kWh/ m ² ·a)	
Zona habitable de oficinas	173.05	8 h, Baja	2.4	13737.1	79.4	23861.8	137.9	42.4

Tabla 4.1. Cálculo de la demanda energética total de la nave (oficinas)

donde:

S_u : Superficie útil de la zona habitable, m².

C_{FI} : Densidad de las fuentes internas. Supone el promedio horario de la carga térmica total debida a las fuentes internas, repercutida sobre la superficie útil, calculada a partir de las cargas nominales en cada hora para cada carga (carga sensible debida a la ocupación, carga debida a iluminación y carga debida a equipos) a lo largo de una semana tipo.
La densidad de las fuentes internas del edificio se obtiene promediando las densidades de cada una de las zonas ponderadas por la fracción de la superficie útil que representa cada espacio en relación a la superficie útil total del edificio. W/m².

$\%AD$: Porcentaje de ahorro de la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración respecto al edificio de referencia.

$D_{G,obj}$: Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio objeto, calculada como suma ponderada de las demandas de calefacción y refrigeración, según $D_G = D_c + 0.7 \cdot D_r$, en territorio peninsular, kWh/(m²·año).

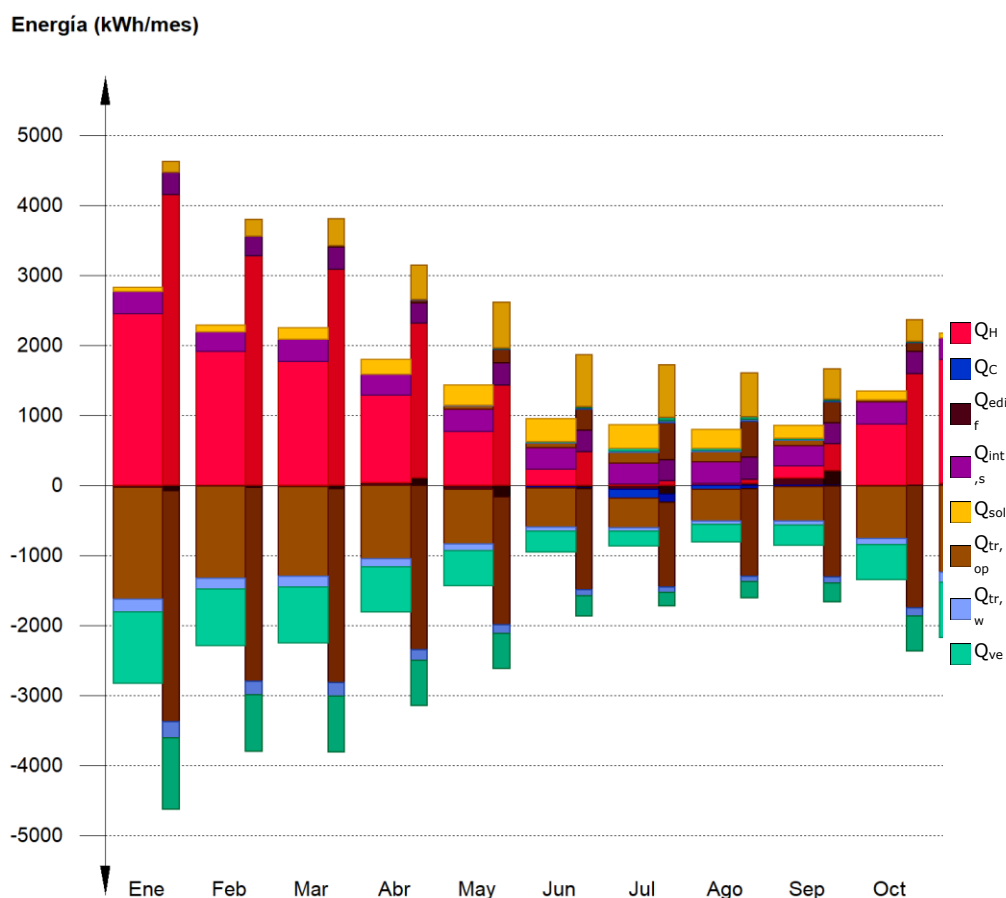
$D_{G,ref}$: Demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio de referencia, calculada en las mismas condiciones de cálculo que el edificio objeto, obtenido conforme a las reglas establecidas en el Apéndice D de CTE DB HE 1 y el documento 'Condiciones de aceptación de programas alternativos a LIDER/CALENER'.

4.1.7.2. Balance energético anual del edificio

La Figura 4.15 muestra un gráfico de barras que representa el balance energético del edificio mes a mes, teniendo en cuenta lo siguiente: el aporte requerido de calefacción (Q_H) y refrigeración (Q_C), el calor cedido o almacenado en la masa térmica de la nave (Q_{edif}), la ganancia interna sensible neta ($Q_{int,s}$), la ganancia solar neta (Q_{sol}), la energía perdida o ganada por transmisión térmica al exterior a través de elementos pesados ($Q_{tr,op}$) y ligeros ($Q_{tr,w}$), y la energía intercambiada por ventilación (Q_{ve}).

Además, para comparar los resultados de la nave en cuestión con los del edificio de referencia, se han incluido también en el gráfico los valores de este último con un color más oscuro, situados a la derecha de las barras más anchas (las de la nave objeto).

Figura 4.15. Balance energético de la nave mes a mes



Fuente: CYPECAD MEP – Resultados de cálculo del estudio térmico

La Tabla 4.2 representa los valores numéricos de la Figura 4.15. Se muestra para cada mes, la el valor de las energías involucradas en la nave, todas ellas obtenidas del balance energético como suma total de las energías en cada zona térmica y que constituyen el método de cálculo del edificio.

Los signos adoptados en la tabla son: + para energías aportadas a la zona de cálculo, y - para la energía extraída.

	Ene (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	Año	
													(kWh /año)	(kWh/ m ² ·a)
Balance energético anual del edificio.														
Q _{tr,op}	--	--	0.5	4.9	47.8	71.1	154.6	144.2	75.0	25.2	1.5	--	-10974.7	-63.4
Q _{tr,w}	--	--	0.0	0.5	5.2	7.6	16.9	15.7	8.1	2.7	0.2	--	-1240.6	-7.2
Q _{tr,ve}	--	--	--	0.2	7.1	15.0	39.3	30.1	16.5	2.6	--	--	-6962.2	-40.2
Q _{int,s}	317.7	282.4	317.7	294.2	317.7	306.0	306.0	317.7	294.2	317.7	306.0	306.0	3678.6	21.3
	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4		

	Ene (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	Año	
													(kWh/ /año)	(kWh/ (m ² ·a))
Q_{sol}	57.1	92.8	157.1	212.3	286.1	324.6	333.3	272.4	183.8	121.5	65.6	47.0	2148.4	12.4
	-0.1	-0.2	-0.4	-0.5	-0.7	-0.8	-0.8	-0.7	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1		
Q_{edif}	-27.2	-8.5	-14.8	35.5	-58.4	-20.2	-56.5	9.8	104.3	-7.4	33.4	9.9		
Q_H	2450.3	1913.7	1772.4	1257.3	770.6	230.0	14.7	14.4	172.4	878.2	1763.7	2340.2	13577.9	78.5
Q_C	--	--	--	--	--	-20.7	-123.4	-60.0	-23.4	--	--	--	-227.4	-1.3
Q_{HC}	2450.3	1913.7	1772.4	1257.3	770.6	250.6	138.1	74.4	195.8	878.2	1763.7	2340.2	13805.4	79.8

Tabla 4.2. Resultados numéricos del balance energético de la nave (mes a mes)

donde:

$Q_{tr,w}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, kWh/(m²·año).

Q_{ve} : Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, kWh/(m²·año).

$Q_{int,s}$: Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor interna sensible, kWh/(m²·año).

Q_{sol} : Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor solar, kWh/(m²·año).

Q_{edif} : Transferencia de calor correspondiente al almacenamiento o cesión de calor por parte de la masa térmica del edificio, kWh/(m²·año).

Q_H : Energía aportada de calefacción, kWh/(m²·año).

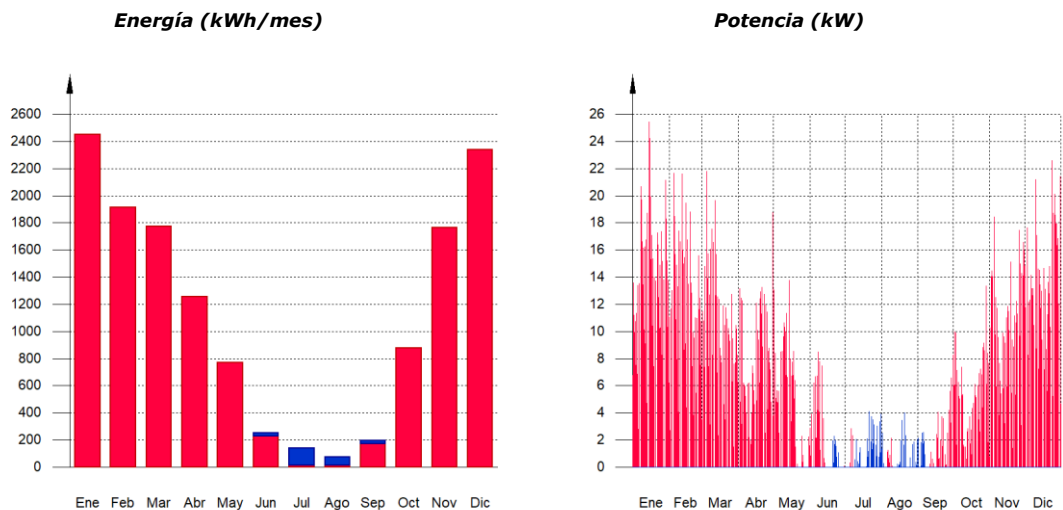
Q_C : Energía aportada de refrigeración, kWh/(m²·año).

Q_{HC} : Energía aportada de calefacción y refrigeración, kWh/(m²·año).

4.1.7.3 Demanda energética mensual de calefacción y refrigeración

Las necesidades energéticas a cubrir por los sistemas de calefacción y refrigeración y de potencia útil instantánea anual, se muestran en los gráficos de las Figuras 4.16 y 4.17.

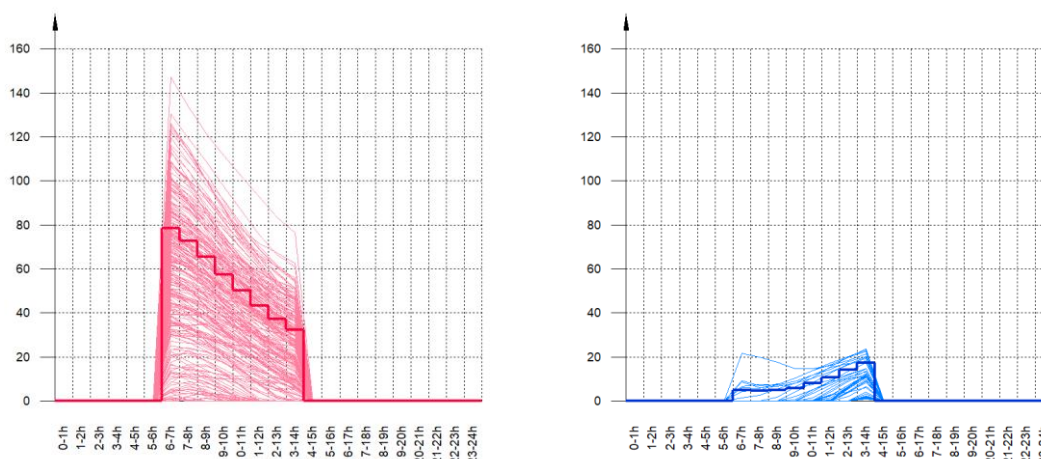
Figuras 4.16 y 4.17. Requerimientos energéticos del sistema de climatización



Fuente: CYPECAD MEP – Resultados de cálculo del estudio térmico

Los gráficos de las Figuras 4.18 y 4.19 recogen las potencias útiles instantáneas por superficie acondicionada de aporte energético de calefacción y refrigeración. Éstas se reparten cada día, en función de las condiciones interiores impuestas de la simulación. Además, muestran cada uno de esos días en una gráfica diaria en horario legal de forma superpuesta, así como una curva típica obtenida, resultado de la ponderación de la energía aportada cada día activo.

Figuras 4.18 y 4.19. Demanda diaria superpuesta de calefacción y refrigeración (W/m^2)



Fuente: CYPECAD MEP – Resultados de cálculo del estudio térmico

Dichas gráficas se pueden resumir en la Tabla 4.3, que recoge las estadísticas del aporte energético de calefacción y refrigeración.

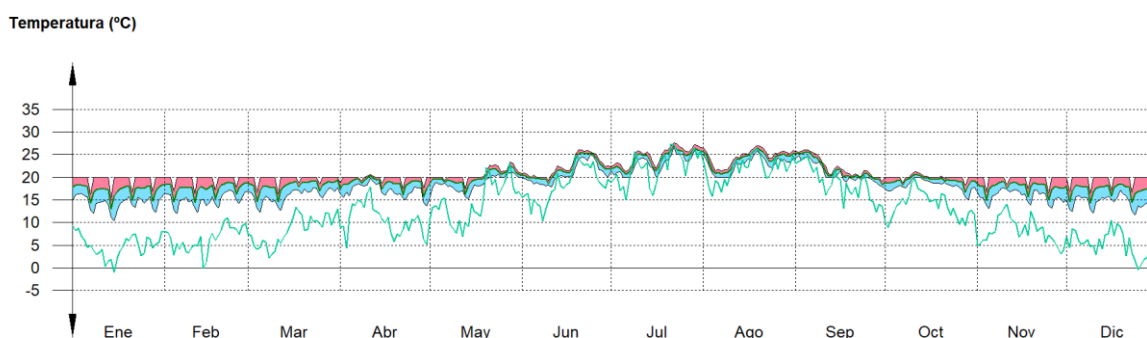
	Nº activ.	Nº días activos (d)	Nº horas activas (h)	Nº horas por activ. (h)	Potencia típica (W/m^2)	Demanda típica por día activo (kWh/m^2)
Calefacción	239	239	1771	7	44.30	0.3283
Refrigeración	39	39	142	3	9.25	0.0337

Tabla 4.3. Aporte energético de climatización por días activos

4.1.7.4 Evolución de la temperatura

La Figura 4.20 representa la evolución de las mínimas, máximas y medias temperaturas de cada día, así como la temperatura exterior promedio diaria en la zona de oficinas.

Figura 4.20. Evolución de la temperatura interior en la zona habitable de oficinas



Fuente: CYPECAD MEP – Resultados de cálculo del estudio térmico

4.1.7.5. Resultados numéricos del balance energético por zona y mes

En la Tabla 4.4 se muestran los resultados de transferencia total de calor por transmisión y ventilación, calor interno total y ganancias solares, y energía necesaria para calefacción y refrigeración, de cada una de las zonas de cálculo de la nave. Se recoge también el calor neto mensual almacenado o cedido por la masa térmica de cada zona de cálculo, de balance anual nulo.

El criterio de signos en este caso es el mismo que el de la Tabla 4.2.

	Ene (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	Año	
													(kWh/año)	(kWh/(m ² ·a))
Zona habitable de oficinas ($A_f = 173.05 \text{ m}^2$; $V = 1138.74 \text{ m}^3$; $A_{tot} = 916.94 \text{ m}^2$; $C_m = 47613.976 \text{ kJ/K}$; $A_m = 692.61 \text{ m}^2$)														
$Q_{tr,op}$	--	--	0.5	4.9	47.8	71.1	154.6	144.2	75.0	25.2	1.5	--	-	-63.4
	-1599.4	-1319.6	-1287.9	-1044.1	-782.8	-552.9	-429.1	-446.6	-490.0	-753.5	-1243.2	-1550.3	10974.7	
$Q_{tr,vt}$	--	--	0.0	0.5	5.2	7.6	16.9	15.7	8.1	2.7	0.2	--	-1240.6	-7.2
	-181.5	-149.5	-145.9	-118.3	-88.2	-61.6	-47.2	-49.1	-54.4	-85.2	-140.7	-175.8		
Q_{ve}	--	--	--	0.2	7.1	15.0	39.3	30.1	16.5	2.6	--	--	-6962.2	-40.2
	-1016.5	-810.8	-798.4	-641.5	-503.9	-297.8	-207.4	-247.6	-285.7	-501.2	-785.8	-976.4		
$Q_{int,s}$	317.7	282.4	317.7	294.2	317.7	306.0	306.0	317.7	294.2	317.7	306.0	306.0	3678.6	21.3
	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4		
Q_{sol}	57.1	92.8	157.1	212.3	286.1	324.6	333.3	272.4	183.8	121.5	65.6	47.0	2148.4	12.4
	-0.1	-0.2	-0.4	-0.5	-0.7	-0.8	-0.8	-0.7	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1		
Q_{edif}	-27.2	-8.5	-14.8	35.5	-58.4	-20.2	-56.5	9.8	104.3	-7.4	33.4	9.9		
Q_H	2450.3	1913.7	1772.4	1257.3	770.6	230.0	14.7	14.4	172.4	878.2	1763.7	2340.2	13577.9	78.5
Q_C	--	--	--	--	--	-20.7	-123.4	-60.0	-23.4	--	--	--	-227.4	-1.3
Q_{HC}	2450.3	1913.7	1772.4	1257.3	770.6	250.6	138.1	74.4	195.8	878.2	1763.7	2340.2	13805.4	79.8

Tabla 4.4. Resultados de cálculo de las diferentes energías aportadas y extraídas por mes

donde:

A_f : Superficie útil de la zona térmica, m².

V : Volumen interior neto de la zona térmica, m³.

A_{tot} : Área de todas las superficies que revisten la zona térmica, m².

C_m : Capacidad calorífica interna de la zona térmica calculada conforme a la Norma ISO 13786:2007 (método detallado), kJ/K.

A_m : Superficie efectiva de masa de la zona térmica, conforme a la Norma ISO 13790:2011, m².

$Q_{tr,op}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos pesados en contacto con el exterior, kWh/(m²·año).

$Q_{tr,vt}$: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, kWh/(m²·año).

Q_{ve} : Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, kWh/(m²·año).

$Q_{int,s}$: Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor interna sensible, kWh/(m²·año).

Q_{sol} : Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor solar, kWh/(m²·año).

Q_{edif} : Transferencia de calor correspondiente al almacenamiento o cesión de calor por parte de la masa térmica de la zona, kWh/(m²·año).

Q_H : Energía aportada de calefacción, kWh/(m²·año).

Q_C : Energía aportada de refrigeración, kWh/(m²·año).

Q_{HC} : Energía aportada de calefacción y refrigeración, kWh/(m²·año).

4.1.8. Modelo de cálculo del edificio

4.1.8.1. Zonificación del edificio, perfil de uso y nivel de acondicionamiento

La Tabla 4.5 recoge las características principales de los espacios que forman cada una de las zonas de cálculo de la nave: sus solicitudes interiores por aportes de energía de ocupantes, equipos e iluminación; sus condiciones operacionales conforme a los perfiles de uso del Apéndice C de CTE DB HE 1; y su acondicionamiento térmico. Todo ello junto con la superficie y volumen de cada espacio.

	S (m ²)	V (m ³)	b _{ve}	ren _h (1/h)	ΣQ _{ocup,s} (kWh /año)	ΣQ _{equip} (kWh /año)	ΣQ _{ilum} (kWh /año)	T ² calef. media (°C)	T ² refrig. media (°C)
Zona habitable de oficinas (Zona habitable, Perfil: Baja, 8 h)									
Despacho	35.76	235.33	1.00	0.80	179.1	134.3	447.7	20.0	25.0
Oficina técnica	137.29	903.41	1.00	0.80	687.5	515.7	1718.9	20.0	25.0
Total	173.05	1138.74	1.00	0.80/0.229*	866.6	650.0	2166.6	20.0	25.0

Tabla 4.5. Características térmicas de la zona habitable de oficinas

donde:

S: Superficie útil interior del recinto, m².

V: Volumen interior neto del recinto, m³.

b_{ve}: Factor de ajuste de la temperatura de suministro de ventilación. En caso de disponer de una unidad de recuperación de calor, el factor de ajuste de la temperatura de suministro de ventilación para el caudal de aire procedente de la unidad de recuperación es igual a $b_{ve} = (1 - f_{ve,rec} \cdot \eta_{ru})$, donde η_{ru} es el rendimiento de la unidad de recuperación y $f_{ve,rec}$ es la fracción del caudal de aire total que circula a través del recuperador.

ren_h: Número de renovaciones por hora del aire del recinto.

*: Valor medio del número de renovaciones hora del aire de la zona habitable, incluyendo las infiltraciones calculadas.

Q_{ocup,s}: Sumatorio de la carga interna sensible debida a la ocupación del recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.

Q_{equip}: Sumatorio de la carga interna debida a los equipos presentes en el recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.

Q_{ilum}: Sumatorio de la carga interna debida a la iluminación del recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.

T² calef. media: Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de calefacción, °C.

T² refrig. media: Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de refrigeración, °C.

media:

media:

Los perfiles de uso necesarios para el cálculo de la nave, obtenidos del Apéndice C de CTE DB HE 1, se encuentran en la Tabla 4.5.

Distribución horaria																								
	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	24h
Perfil: Baja, 8 h (uso no residencial)																								
Temp. Consigna Alta (°C)																								
Laboral	--	--	--	--	--	--	25	25	25	25	25	25	25	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sábado	--	--	--	--	--	--	25	25	25	25	25	25	25	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Festivo	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Temp. Consigna Baja (°C)																								
Laboral	--	--	--	--	--	--	20	20	20	20	20	20	20	20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Sábado	--	--	--	--	--	--	20	20	20	20	20	20	20	20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Festivo	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Ocupación sensible (W/m²)																								
Laboral	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Iluminación (%)																								
Laboral	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Equipos (W/m²)																								
Laboral	0	0	0	0	0	0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	0	0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ventilación (%)																							
Laboral	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sábado	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Festivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 4.5. Perfiles de uso utilizados para los cálculos térmicos

4.1.8.2. Descripción geométrica y constructiva del modelo de cálculo

Los elementos constructivos pesados de la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (Tabla 4.6) provocan un aporte de energía (calor) al exterior de -53.1 kWh/(m²·año), lo que implica que dichos elementos transmiten el 75.3% del aporte de calor total de la envolvente (-70.6 kWh/(m²·año)).

Tipo	S (m ²)	χ (kJ/ (m ² ·K))	U (W/ (m ² ·K))	ΣQ_{tr} (kWh /año)	α	I. (°)	O. (°)	F _{sh,o}	ΣQ_{sol} (kWh /año)
Zona habitable de oficinas									
c01	116.09	56.40	0.28	-1968.5	0.4	V	N(0)	1.00	55.2
T02	244.74	42.59	0.18	-2568.6					
T01	124.87	49.37							
S01	173.05	104.96	0.11	-1132.5					
Q1	179.60	14.03	0.22	-2384.3	0.6	16	N(0)	1.00	844.5
c01	67.31	56.40	0.28	-1141.3	0.4	V	E(90)	1.00	175.4
				-9195.3					1075.1

Tabla 4.6. Características térmicas de elementos constructivos pesados en oficinas

donde:

S: Superficie del elemento.

χ : Capacidad calorífica por superficie del elemento.

U: Transmitancia térmica del elemento.

Q_{tr} : Calor intercambiado con el ambiente exterior, a través del elemento, a lo largo del año.

α : Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la superficie opaca.

I.: Inclinação de la superficie (elevación).

O.: Orientación de la superficie (azimut respecto al norte).

F_{sh,o}: Valor medio anual del factor de corrección de sombra por obstáculos exteriores.

Q_{sol}: Ganancia solar acumulada a lo largo del año.

Además las referencias utilizadas son: c01 para el cerramiento, T01 para la tabiquería que separa despacho y oficina, T02 para el resto de tabiquería, S01 para la solera y Q1 para la solera; todos ellos referidos a la zona habitable de oficinas.

Los resultados referentes a los elementos constructivos ligeros se encuentran en la Tabla 4.7.

	Tipo	S (m ²)	U _g (W/ (m ² ·K))	F _g (%)	U _f (W/ (m ² ·K))	ΣQ_{tr} (kWh /año)	g _{gl}	α	I. (°)	O. (°)	F _{sh,gl}	F _{sh,o}	ΣQ_{sol} (kWh /año)
Zona habitable de oficinas													
Doble acristalamiento LOW-S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW-S 4/16/6 Templa.lite Azur.lite color azul		9.60	1.40	0.30	2.80	-1027.4	0.39	0.4	V	N(0)	1.00	1.00	1078.7
Puerta de paso interior, de madera		1.68		1.00	2.16	-213.1							
						-1240.6							1078.7

Tabla 4.7. Características térmicas de elementos constructivos ligeros en oficinas

donde:

S : Superficie del elemento.

U_g : Transmitancia térmica de la parte translúcida.

Fr : Fracción de parte opaca del elemento ligero.

U_r : Transmitancia térmica de la parte opaca.

Q_{tr} : Calor intercambiado con el ambiente exterior, a través del elemento, a lo largo del año.

g_{gl} : Transmitancia total de energía solar de la parte transparente.

α : Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la parte opaca del elemento ligero.

I : Inclinação de la superficie (elevación).

O : Orientación de la superficie (azimut respecto al norte).

$F_{sh,gl}$: Valor medio anual del factor reductor de sombreado para dispositivos de sombra móviles.

$F_{sh,o}$: Valor medio anual del factor de corrección de sombra por obstáculos exteriores.

Q_{sol} : Ganancia solar acumulada a lo largo del año.

Los elementos constructivos ligeros de la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (Tabla 4.7) provocan una transmisión de calor al exterior de $-7.2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$, lo que supone que dichos elementos transmiten el 10.2% del aporte de calor total de la envolvente ($-70.6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$).

Si únicamente se tienen en cuenta los puentes térmicos y los elementos pesados de la envolvente térmica de las zonas habitables de la nave, el porcentaje de aporte de calor al exterior a través de los puentes térmicos es del 16.2%.

Las características del resto de elementos constructivos se ubican en la Tabla 4.8.




	Tipo	L (m)	ψ (W/(m·K))	ΣQ_{tr} (kWh /año)
Esquina saliente		21.67	0.060	-77.4
Suelo en contacto con el terreno		28.44	0.500	-846.0
Cubierta plana		28.77	0.500	-856.0
				-1779.4

Tabla 4.8. Características térmicas del resto de elementos constructivos en oficinas

donde:

L : Longitud del puente térmico lineal.

ψ : Transmitancia térmica lineal del puente térmico.

n : Número de puentes térmicos puntuales.

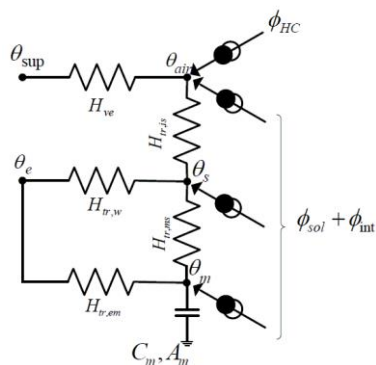
X : Transmitancia térmica puntual del puente térmico.

Q_{tr} : Calor intercambiado en el puente térmico a lo largo del año.

4.1.9. Proceso de cálculo de la demanda energética


Para calcular la demanda energética, se ha utilizado un modelo equivalente (Figura 4.21) formado por una resistencia y una capacitancia (R-C) con tres nodos en base horaria, de forma que se distinga entre la temperatura promedio radiante de las superficies interiores y la temperatura del aire interior. Este modelo está basado en una simulación anual, considerando el método completo simplificado de tipo dinámico descrito en UNE-EN ISO 13790:2011 y validado en los tests de la Norma EN 15265:2007. Con ello, se posibilita comprobar aspectos sobre el confort térmico y se aumenta la exactitud, al considerar las partes convectivas de las ganancias solares, luminosas e internas. Además, permite la obtención por radiantes de la demanda energética de calefacción y refrigeración de la nave.


Tabla 4.21. Modelo equivalente para el cálculo de la demanda energética





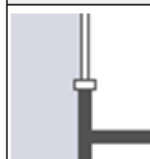
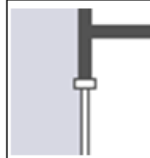
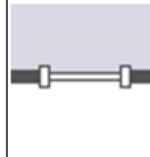
Fuente: CYPECAD MEP – Resultados de cálculo del estudio térmico

4.1.10. Descripción de los puentes térmicos lineales

Encuentro de fachada con suelo		Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
	Suelo en contacto con el terreno		
	Este tipo de puente térmico no está contemplado por la norma. En este caso, se asume un valor por defecto para la transmitancia lineal.	40.08	0.50

Encuentro de fachada con cubierta		Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
	Cubierta plana		
	Este tipo de puente térmico no está contemplado por la norma. En este caso, se asume un valor por defecto para la transmitancia lineal.	40.92	0.50

Encuentro entre fachadas		Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
	Esquinas salientes (al exterior)		
		18.16	0.03
	Esquinas salientes (al exterior)		
		43.78	0.06

Encuentro de fachada con carpintería		Longitud (m)	Ψ (W/(m·K))
	Alféizar	6.00	0.50
	Este tipo de puente térmico no está contemplado por la norma. En este caso, se asume un valor por defecto para la transmitancia lineal.		
	Dintel/Capialzado	6.00	0.50
	Este tipo de puente térmico no está contemplado por la norma. En este caso, se asume un valor por defecto para la transmitancia lineal.		
	Jambas	9.60	0.50
	Este tipo de puente térmico no está contemplado por la norma. En este caso, se asume un valor por defecto para la transmitancia lineal.		

Tablas 4.9, 4.10, 4.11 y 4.12. Descripción de los puentes térmicos lineales

4.2. Electricidad e iluminación

Para el cálculo de la instalación eléctrica, hay que tener en cuenta una serie de factores importantes para que el cálculo sea el apropiado. En este apartado se definen los elementos que forman parte de la misma: la acometida, la derivación individual hasta la nave desde la propia acometida, y a partir de ahí, desde el cuadro general de mando y protección se hará la distribución de los distintos elementos que conforman la instalación eléctrica y de iluminación de la nave.

4.2.1. Instalación de enlace

En cuanto a la caja de protección y medida (CPM) se ha considerado que la acometida es subterránea, cuyo material del conductor es cobre y su tipo de aislamiento es XLPE. Ésta tiene una sección de 240 mm² y la intensidad de cortocircuito en cabecera es de 12 kA. La derivación individual del cuadro general de mando y protección individual tiene una tensión de suministro de 0,6/1 kV de cobre con un aislamiento de polietileno reticulado (cable multipolar). La cubierta interior es de PVC sin armadura.

Ambos elementos están unidos a través de una canalización horizontal. Ésta tiene un sistema de instalación enterrado, en tubo de polietileno de resistencia a compresión mayor que 450 N.

4.2.2. Instalación interior

Se ha introducido una carga definida para el motor de la puerta de acceso. La carga es monofásica con una potencia activa de 2,5 kW y factor de potencia 0,95. Esa carga está unida al cuadro general de mando mediante una canalización horizontal empotrada en la pared formada por tubos de PVC flexible.

Por otro lado, las tomas de corriente se han tomado de uso general en formato doble para enchufar cualquier dispositivo electrónico en las zonas de oficinas, almacenes y maquinaria. Todas ellas están distribuidas equitativamente, utilizando un total de diez tomas en las oficinas y doce en el resto de la nave, comprendiendo los dos almacenes y la zona de maquinaria. Para

los aseos, se han utilizado tomas de uso general de tipo estanca al ser zonas húmedas. Su formato también es doble.

4.2.3. Iluminación

Se utilizarán luminarias tipo downlight suspendidas (Figura 4.22) para las zonas de oficinas y las zonas de almacenes y maquinaria. El tipo de lámpara es fluorescente compacta triple (TC-TCL) de 26 W, diámetro de 320 mm, reflector metalizado (acabado mate) y cierre de vidrio transparente. Un total de 13 luminarias de este tipo distribuidas equitativamente.

Figura 4.22. Luminarias tipo Downlight



Fuente: CYPECAD MEP – Luminarias

Para el falso techo de la zona oficina y despacho, se han escogido luminarias de superficie cuadradas, de lado 652 mm y espesor de 100 mm (Figura 4.23). El tipo de lámpara es fluorescente lineal estándar (TL) y el equipo de encendido es magnético (AF). Se han colocado 4 luminarias de este tipo en la oficina técnica y dos en el despacho.

Figura 4.23. Luminarias de superficie



Fuente: CYPECAD MEP – Luminarias

Para la zona de aseos y vestuarios, se ha optado por luminarias circulares de techo Downlight, de 81 mm de diámetro y 40 mm de altura (Figura 4.24), para 3 LED de 1W. En total 7 luminarias de este tipo: tres para el vestuario y una para cada aseo.

Figura 4.24. Luminarias circulares de techo Downlight



Fuente: CYPECAD MEP – Luminarias

Finalmente, se han instalado luminarias de emergencia rectangulares tipo LED. Están situadas en la pared y tienen un flujo luminoso de 220 lúmenes. Se encuentran distribuidas en la nave de forma que exista una en cada acceso, tanto accesos desde el exterior como las puertas

interiores. Asimismo, en la puerta del vestuario y de cada aseo se sitúa una luminaria de emergencia de tipo estanca de 240 lúmenes.

Por otro lado, hay que tener en cuenta la carga de potencia instalada de las luminarias introducidas. Todas ellas han de estar controladas por un interruptor, del tipo que sea. Bajo esa circunstancia, la intensidad máxima admisible de esos interruptores va a estar condicionada por la sección de cable y la potencia que asuman las luminarias que estén conectadas a ese interruptor, luego con las luminarias que se han instalado y que van a ser controladas por ese interruptor, puede que éste no sea capaz de soportar la intensidad que corre a través del circuito. Para evitar esto, se han separado las luminarias en circuitos independientes, diferenciando las que se encuentren en la misma línea.

A continuación se describe la distribución y el tipo de cada interruptor utilizado, que estarán conectados a sus correspondientes luminarias de la estancia:

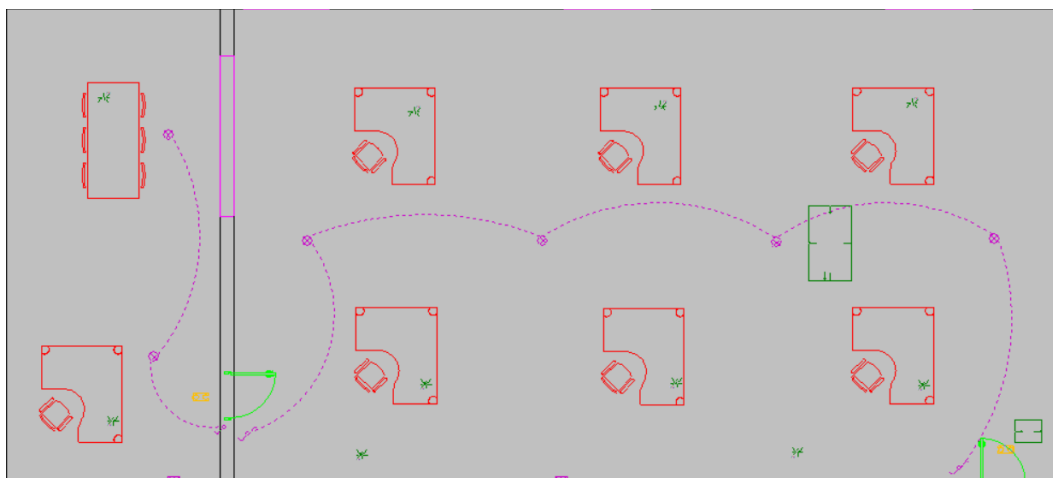
- En los aseos: detectores de movimiento (uno en cada uno de ellos)
- En el vestuario: interruptor simple
- En el despacho: interruptor simple
- En la oficina técnica: conmutador (uno en la puerta de entrada y otro el acceso al despacho desde la oficina)
- En el almacén de materia prima: interruptor simple
- En zona de maquinaria y almacén de piezas terminadas: interruptores de cruzamiento en distintas zonas de la nave, conectados cada uno a su respectiva línea de luminarias.

Se han incluido zumbadores situados en oficina, despacho y nave en caso de que alguien llame al timbre, y una toma de interfono en el acceso a la nave.

4.2.4. Esquema de instalación

El esquema de instalación eléctrica, que reúne todos los elementos descritos se muestra en las Figuras 4.25, 4.26 y 4.27.

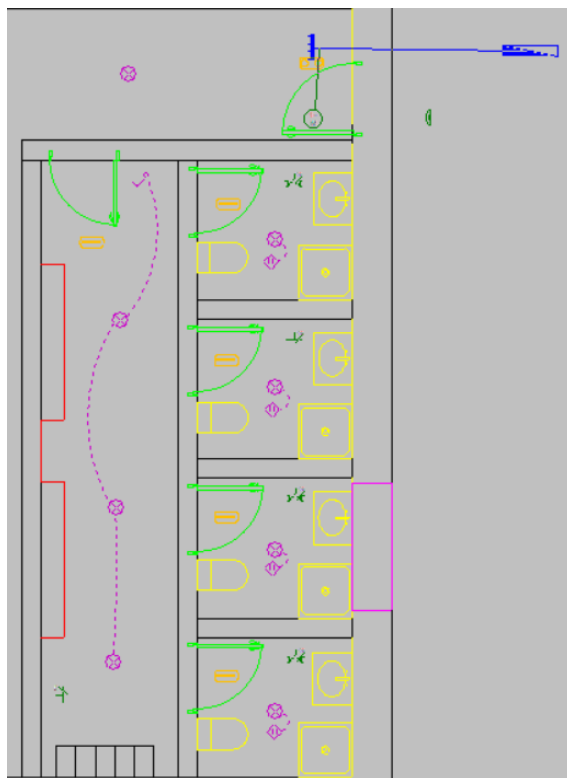
Figura 4.25. Esquema de instalación eléctrica en zona de oficinas



Nota: Los elementos en color magenta (sin contar las ventanas) representan el alumbrado normal, en color naranja el alumbrado de emergencia y el color verde oscuro en forma de cruz las tomas

Fuente: CYPECAD MEP – Climatización

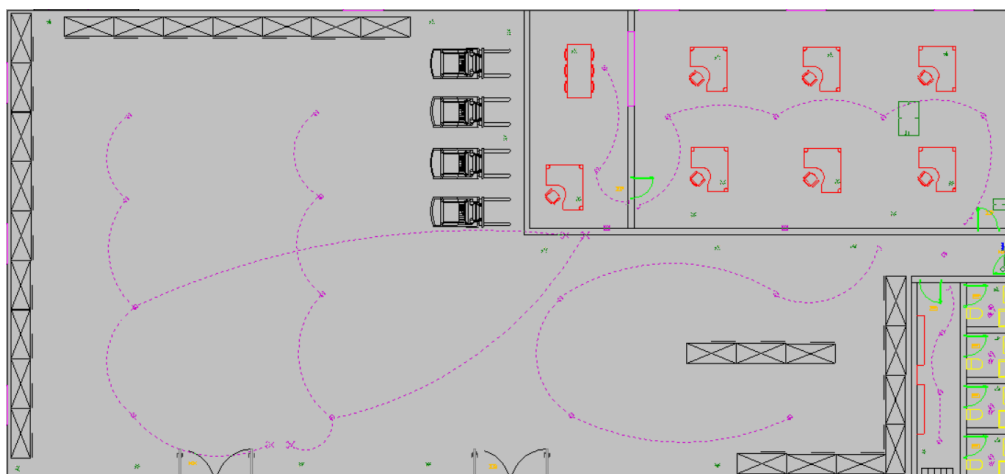
Figura 4.26. Esquema de instalación eléctrica en pasillo de entrada, aseos y vestuario



Nota: El elemento en color azul representa el cuadro general de mando

Fuente: CYPECAD MEP – Climatización

Figura 4.27. Esquema de instalación eléctrica (vista general)



Fuente: CYPECAD MEP – Climatización

4.2.5. Bases de cálculo

4.2.5.1. Sección de las líneas

Para determinar la sección reglamentaria de un cable se ha de hallar la sección mínima normalizada que cumple las siguientes condiciones:

- Criterio de caída de tensión

Para asegurar que los receptores alimentados por el cable funcionen, la caída de tensión en el origen y extremo de la canalización tiene que ser menor que la reglamentaria. Esta caída de tensión la causa una pérdida de potencia del cable, originada por la circulación de intensidad en los conductores.

En las instalaciones de enlace, la caída de tensión en caso de contadores concentrados en un único lugar no debe ser mayor que el 0,5% para la línea general de alimentación y que el 1% para las derivaciones individuales. Sin embargo, en caso de contadores concentrados en más de un lugar, la caída de tensión no debe superar el 1% para la línea general de alimentación y el 0,5% para las derivaciones individuales. En las viviendas, los circuitos interiores no deben tener una caída de tensión superior al 3% de la tensión nominal. Para el resto de circuitos interiores, la limitación de la caída de tensión se ubica en un 3% para circuitos de alumbrado y un 5% para el resto de circuitos.

Para receptores monofásicos la caída de tensión tiene la siguiente expresión:

$$\Delta U = 2 \cdot L \cdot I_c \cdot (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

Para trifásicos, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot L \cdot I_c \cdot (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

siendo:

L: Longitud del cable, en m

X: Reactancia del cable, en W/km. Se considera despreciable hasta un valor de sección del cable de 120 mm². A partir de esta sección se considera un valor para la reactancia de 0,08 W/km.

R: Resistencia del cable, en W/m. Viene dada por:

$$R = \rho \cdot \frac{1}{S}$$

siendo:

r: Resistividad del material en W·mm²/m

S: Sección en mm²

Se comprueba la caída de tensión a la temperatura prevista de servicio del conductor, siendo ésta de:

$$T = T_0 + (T_{max} - T_0) \cdot \left(\frac{I_c}{I_z} \right)^2$$

siendo:

T: Temperatura real estimada en el conductor, en °C

T₀: Temperatura ambiente para el conductor (40°C para cables al aire y 25°C para cables enterrados)

T_{max}: Temperatura máxima admisible del conductor según su tipo de aislamiento (90°C para conductores con aislamientos termoestables y 70°C para conductores con aislamientos termoplásticos, según la tabla 2 de la instrucción ITC-BT-07).

Con ello la resistividad a la temperatura prevista de servicio del conductor es de:

$$\rho_T = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha \cdot (T - 20)]$$

para el aluminio

$$\alpha = 0.00403^{\circ}\text{C}^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}\text{C}} = \frac{1}{35} \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$$

para el cobre

$$\alpha = 0.00393^{\circ}\text{C}^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}\text{C}} = \frac{1}{56} \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$$

- Criterio de intensidad máxima admisible o calentamiento

En régimen permanente y a plena carga, la temperatura del conductor del cable no ha de ser superior a 90°C para cables con aislamientos termoestables y a 70°C con aislamientos termoplásticos (temperaturas máximas admisibles según el material).

Para el cálculo de las instalaciones se ha cerciorado que las corrientes de las líneas sean inferiores a las máximas admisibles de los conductores según la norma UNE-HD 60364-5-52, considerando los factores de corrección según la instalación y sus condiciones específicas.

$$I_c < I_z$$

Intensidad de cálculo en servicio monofásico:

$$I_c = \frac{P_c}{U_f \cdot \cos \theta}$$

Intensidad de cálculo en servicio trifásico:

$$I_c = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos \theta}$$

siendo:

I_c : Intensidad de cálculo del circuito, en A

I_z : Intensidad máxima admisible del conductor, en las condiciones de instalación, en A

P_c : Potencia de cálculo, en W

U_f : Tensión simple, en V

U_l : Tensión compuesta, en V

$\cos \theta$: Factor de potencia

- Criterio para la intensidad de cortocircuito

Un cortocircuito o exceso de intensidad en una duración corta (menos de 5 segundos) puede provocar que la temperatura que alcance el conductor del cable aumente. Ésta no debe sobrepasar los 250°C para aislamientos termoestables y los 160°C para aislamientos termoplásticos.

Se calculan las intensidades de cada línea que conforma la instalación eléctrica, las máximas y mínimas en cabecera 'I_{ccc}' y en pie 'I_{ccp}'. Hay que considerar que la intensidad de

cortocircuito máxima se lleva a cabo para un cortocircuito entre fases, mientras que la intensidad de cortocircuito mínima para un cortocircuito entre fase y neutro.

Entre Fases:

$$I_{cc} = \frac{U_f}{\sqrt{3} \cdot Z_t}$$

Fase-Neutro:

$$I_{cc} = \frac{U_f}{2 \cdot Z_t}$$

siendo:

U_f : Tensión compuesta, en V

U_f : Tensión simple, en V

Z_t : Impedancia total en el punto de cortocircuito, en mW

I_{cc} : Intensidad de cortocircuito, en kA

A partir de la resistencia y reactancia totales de los elementos de la red aguas arriba del punto de cortocircuito, se puede calcular la impedancia total en el punto de cortocircuito a partir de la siguiente expresión:

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

siendo:

R_t : Resistencia total en el punto de cortocircuito.

X_t : Reactancia total en el punto de cortocircuito.

Para el cálculo de la impedancia total en cabecera se ha considerado la ubicación del transformador y de la acometida.

Si se parte de un transformador, entonces para el cálculo de la resistencia y reactancia se utilizan las siguientes fórmulas:

$$R_{cc,T} = \frac{\varepsilon_{R_{cc,T}} \cdot U_f^2}{S_n}$$

$$X_{cc,T} = \frac{\varepsilon_{X_{cc,T}} \cdot U_f^2}{S_n}$$

siendo:

$R_{cc,T}$: Resistencia de cortocircuito del transformador, en mW

$X_{cc,T}$: Reactancia de cortocircuito del transformador, en mW

$\varepsilon_{R_{cc,T}}$: Tensión resistiva de cortocircuito del transformador

$\varepsilon_{X_{cc,T}}$: Tensión reactiva de cortocircuito del transformador

S_n : Potencia aparente del transformador, en kVA

En el caso de introducir la intensidad de cortocircuito en cabecera, lleva a cabo la estimación la resistencia y reactancia de la acometida aguas arriba que produzca la corriente de cortocircuito indicada.

4.2.5.2. Cálculo de las protecciones

- Fusibles

Los fusibles actúan como protectores de sobrecargas y cortocircuitos de los conductores. La protección frente a sobrecargas cumple lo siguiente:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1.45 \cdot I_z$$

siendo:

I_c : Intensidad que circula por el circuito, en A

I_n : Intensidad nominal del dispositivo de protección, en A

I_z : Intensidad máxima admisible del conductor, en las condiciones de instalación, en A

I_2 : Intensidad de funcionamiento de la protección, en A. En el caso de los fusibles de tipo gG se toma igual a 1,6 veces la intensidad nominal del fusible.

Los fusibles frente a cortocircuitos cumplen que:

a) El poder de corte del fusible " I_{cu} " es superior a la máxima intensidad de cortocircuito posible.

b) Se deben interrumpir las intensidades de cortocircuito en un tiempo inferior al que haría que el conductor una temperatura de 250°C para cables con aislamiento de termoestables y 160°C para cables con aislamiento de termoplásticos (temperaturas límite), cumpliendo que:

$$I_{cc,5s} > I_f$$

$$I_{cc} > I_f$$

siendo:

I_{cc} : Intensidad de cortocircuito en la línea que protege el fusible, en A

I_f : Intensidad de fusión del fusible en 5 segundos, en A

$I_{cc,5s}$: Intensidad de cortocircuito en el cable durante el tiempo máximo de 5 segundos, en A. Se calcula mediante la expresión:

$$I_{cc} = \frac{k \cdot S}{\sqrt{t}}$$

siendo:

S: Sección del conductor, en mm²

t: tiempo de duración del cortocircuito, en s

k: constante que depende del material y aislamiento del conductor

Frente a cortocircuito, la longitud máxima de cable que puede proteger un fusible se puede obtener con la siguiente expresión:

$$L_{\max} = \frac{U_f}{I_f \cdot \sqrt{(R_f + R_n)^2 + (X_f + X_n)^2}}$$

siendo:

R_f : Resistencia del conductor de fase, en W/km

R_n : Resistencia del conductor de neutro, en W/km

X_f : Reactancia del conductor de fase, en W/km

X_n : Reactancia del conductor de neutro, en W/km

- Interruptores automáticos

Los interruptores automáticos también protegen frente a sobrecargas y cortocircuitos

La protección frente a sobrecargas se puede verificar lo siguiente:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1.45 \cdot I_z$$

siendo:

I_c : Intensidad que circula por el circuito, en A

I_2 : Intensidad de funcionamiento de la protección. En este caso, se toma igual a 1,45 veces la intensidad nominal del interruptor automático.

Frente a cortocircuito se puede comprobar que los interruptores automáticos cumplen que:

- El poder de corte del interruptor automático " I_{cu} " es superior a la máxima intensidad de cortocircuito posible en cabecera del circuito.
- La menor intensidad de cortocircuito en pie del circuito es mayor que la intensidad de regulación del disparo electromagnético ' I_{mag} ' del interruptor automático, según su tipo de curva.
- El tiempo de actuación del interruptor automático es más corto que el tiempo que tardaría en dañar al conductor por llegar a la máxima temperatura permitida según su tipo de aislamiento. Para ello, se compara la energía específica pasante ($I^2 \cdot t$) durante el cortocircuito (en $A^2 \cdot s$), que permite pasar el interruptor, y la que admite el conductor. Para esta última comprobación se obtiene el máximo tiempo que debería proteger en caso de cortocircuito, según la siguiente fórmula:

$$t = \frac{k^2 \cdot S^2}{I_{cc}^2}$$

Esta se aplica tanto para la intensidad de cortocircuito mínima en pie de línea como para la intensidad de cortocircuito en cabecera de línea. Si dicho tiempo es inferior al tiempo en que los interruptores automáticos cortan (menos de 0,1s según la norma UNE 60898), el tiempo de disparo del interruptor automático estaría garantizado a lo largo del cable para cualquier corriente de cortocircuito producida. En caso contrario, se comprueba que el valor de la energía específica pasante del interruptor sea menor que la admisible por el cable, mediante la curva i^2t del interruptor.

$$I^2 \cdot t_{\text{interruptor}} \leq I^2 \cdot t_{\text{cable}}$$

$$I^2 \cdot t_{\text{cable}} = k^2 \cdot S^2$$

- Limitadores de sobretensión

Las instalaciones interiores deben protegerse contra sobretensiones transitorias si la instalación no se alimenta de toda la red de distribución subterránea, según ITC-BT-23.

Los cuadros contarán con limitadores de sobretensión de clase C (tipo II), y si el edificio está equipado con pararrayos, se agrega un protector contra sobretensiones Tipo B (Tipo I) a la centralización de contadores.

- Protección contra sobretensiones permanentes

Para este caso se necesita un sistema de protección diferente al utilizado en las sobretensiones transitorias. No se deriva a tierra para evitar el exceso de tensión, sino que se requiere la desconexión de la instalación de la red eléctrica para que la sobretensión no llegue a los equipos.

La utilización de la protección contra estas sobretensiones es fundamental en zonas donde se puedan generar cortes continuos en el suministro de electricidad o donde haya fluctuaciones del valor de tensión suministrada por la compañía eléctrica.

Según el artículo 16.3 del REBT la instalación se protegerá contra sobretensiones de carácter permanente en zonas en las que se puedan generar cortes continuos en el suministro de electricidad o donde existan fluctuaciones del valor de tensión suministrada por la compañía eléctrica la instalación se protegerá contra sobretensiones permanentes, según se indica en el artículo 16.3 del REBT. Esta protección está formada por una bobina asociada al interruptor automático que se encarga de controlar la tensión de la instalación y que provoca el disparo del interruptor asociado si existe sobretensión permanente.

4.2.5.3. Cálculo de la puesta a tierra

Los interruptores diferenciales protegen contra contactos directos e indirectos y deben verificar lo siguiente:

- a) La sensibilidad 'S' del diferencial debe actuar correctamente en relación al valor de intensidad de defecto obtenida, verificando que:

$$S \leq \frac{U_{seg}}{R_T}$$

siendo:

U_{seg} : Tensión de seguridad, en V. De acuerdo a la instrucción ITC-BT-18 del reglamento REBT la tensión de seguridad es de 24 V para los locales húmedos y viviendas y 50 V para el resto.

R_T : Resistencia de puesta a tierra, en ohm. Este valor debe ser inferior a 15 ohm para edificios con pararrayos y a 37 ohm en edificios sin pararrayos, de acuerdo con GUIA-BT-26.

- b) Debe desconectar en un tiempo acorde con el establecido en las curvas de seguridad.

Por otra parte, la sensibilidad del interruptor diferencial debe permitir circular la corriente de fuga de la instalación debida a las capacidades parásitas de los cables. Por lo tanto, la corriente de no disparo del diferencial ha de ser mayor que la corriente de fuga en el punto de instalación. La norma indica como intensidad mínima de no disparo la mitad de la sensibilidad.

4.2.6. Resultados de cálculo

4.2.6.1. Instalación interior

Cabe destacar que en cada entrada se ha instalado un cuadro general de mando y protección que consta de un interruptor automático de corte omipolar y un interruptor diferencial general. El primero de ellos se ha colocado con el fin de proteger contra cortocircuitos y sobrecargas de cada circuito interior, mientras que el segundo está destinado a proteger contra contactos indirectos con los circuitos. La composición de dichos circuitos y del cuadro se muestra en la Tabla 4.13.

Esquema	Línea	I_z (A)	F_{cagrup}	R_{inc} (%)	I'_z (A)
C1 (iluminación)	H07V-K Eca 3G2.5	20	1	-	20
C2 (tomas)	H07V-K Eca 3G2.5	20	1	-	20
C13 (Motor puerta)	H07V-K Eca 3G2.5	20	1	-	20
C14 (alumbrado de emergencia)	H07V-K Eca 3G1.5	14.5	1	-	14.5
C15 (Climatización)	H07V-K Eca 3G4	26	1	-	26
C7 (tomas)	H07V-K Eca 3G2.5	20	1	-	20
C13(2) (Ventilador centrífugo en línea)	H07V-K Eca 3G2.5	20	1	-	20
C7(2) (tomas)	H07V-K Eca 3G2.5	20	1	-	20

Tabla 4.13. Descripción de las instalaciones eléctricas

Además, el programa ha tenido en cuenta para el cálculo los datos recogidos en la Tabla 4.14.

Esquema	P_{calc} (kW)	Longitud (m)	Línea	I_c (A)	I'_z (A)	c.d.t (%)	c.d.t _{ac} (%)
Cuadro de uso industrial 1							
Sub-grupo 1							
C1 (iluminación)	2.08	387.37	H07V-K Eca 3G2.5	9.03	20.00	2.98	3.17
C2 (tomas)	3.45	114.20	H07V-K Eca 3G2.5	15.00	20.00	2.11	2.29
C13 (Motor puerta)	3.13	0.92	H07V-K Eca 3G2.5	14.30	20.00	0.09	0.28
C14 (alumbrado de emergencia)	0.09	172.85	H07V-K Eca 3G1.5	0.39	14.50	0.18	0.37
C15 (Climatización)	4.91	13.99	H07V-K Eca 3G4	22.56	26.00	0.34	0.53
Sub-grupo 2							
C7 (tomas)	3.45	241.35	H07V-K Eca 3G2.5	15.00	20.00	4.45	4.64
C13(2) (Ventilador centrífugo en línea)	0.30	10.31	H07V-K Eca 3G2.5	1.44	20.00	0.09	0.28
C7(2) (tomas)	3.45	89.48	H07V-K Eca 3G2.5	15.00	20.00	3.25	3.44

Tabla 4.14. Datos de cálculo de cuadro de uso industrial

Los datos sobre la instalación interior se recogen en la Tabla 4.15.

Esquema	Línea	I_c (A)	Protecciones ICP: In Guard: In Aut: In, curva Dif: In, sens, nº polos Telerruptor: In, nº polos	I_2 (A)	I_z (A)	I_{cu} (kA)	I_{ccc} (kA)	I_{ccp} (kA)	t_{iccc} (s)	t_{iccp} (s)
Cuadro de uso industrial 1			IGA: 80 (bobina)							
Sub-grupo 1			Dif: 80, 30, 2 polos							
C1 (iluminación)	H07V-K Eca 3G2.5	9.03	Aut: 10 {C',B',D'}	14.5	20	15	10.3	0.3	0.05	1.16
C2 (tomas)	H07V-K Eca 3G2.5	15.0 0	Aut: 16 {C',B',D'}	23.2	20	15	10.3	0.6	0.05	0.22
C13 (Motor puerta)	H07V-K Eca 3G2.5	14.3 0	Aut: 16 {C',B',D'}	23.2	20	15	10.3	3.9	0.05	< 0.01
C14 (alumbrado de emergencia)	H07V-K Eca 3G1.5	0.39	Aut: 10 {C',B'}	14.5	14.5	15	10.3	0.2	0.05	0.81
C15 (Climatización)	H07V-K Eca 3G4	22.5 6	Aut: 25 {C',B',D'}	36.3	26	15	10.3	2.7	0.05	0.03
Sub-grupo 2			Dif: 63, 30, 2 polos							
C7 (tomas)	H07V-K Eca 3G2.5	15.0 0	Aut: 16 {C',B'}	23.2	20	15	10.3	0.306	0.05	0.88
C13(2) (Ventilador centrífugo en línea)	H07V-K Eca 3G2.5	1.44	Aut: 10 {C',B',D'}	14.5	20	15	10.3	1.071	0.05	0.07
C7(2) (tomas)	H07V-K Eca 3G2.5	15.0 0	Aut: 16 {C',B',D'}	23.2	20	15	10.3	0.412	0.05	0.49

Tabla 4.15. Datos de sobrecarga y cortocircuito del cuadro de uso industrial (instalación interior)

Leyenda	
c.d.t	caída de tensión (%)
c.d.t _{ac}	caída de tensión acumulada (%)
I_c	intensidad de cálculo del circuito (A)
I_z	intensidad máxima admisible del conductor en las condiciones de instalación (A)
F_{Cagrup}	factor de corrección por agrupamiento
R_{inc}	porcentaje de reducción de la intensidad admisible por conductor en zona de riesgo de incendio o explosión (%)
I'_z	intensidad máxima admisible corregida del conductor en las condiciones de instalación (A)
I_2	intensidad de funcionamiento de la protección (A)
I_{cu}	poder de corte de la protección (kA)
I_{ccc}	intensidad de cortocircuito al inicio de la línea (kA)
I_{ccp}	intensidad de cortocircuito al final de la línea (kA)
L_{max}	longitud máxima de la línea protegida por el fusible a cortocircuito (A)
P_{calc}	potencia de cálculo (kW)
t_{iccc}	tiempo que el conductor soporta la intensidad de cortocircuito al inicio de la línea (s)
t_{iccp}	tiempo que el conductor soporta la intensidad de cortocircuito al final de la línea (s)
t_{ficcp}	tiempo de fusión del fusible para la intensidad de cortocircuito (s)

4.2.6.2. Distribución de fases

Para elaborar la distribución de fases se ha tenido en cuenta que la carga estuviera lo más equilibrada posible. Todos los datos calculados se recogen en las Tablas 4.16 y 4.17.

CPM-1					
Planta	Esquema	P _{calc} [W]	Potencia Eléctrica [W]		
			R	S	T
0	CPM-1	-	14850.0	-	-
0	Cuadro de uso industrial 1	14850.0	14850.0	-	-

Tabla 4.16. Potencia calculada del cuadro de uso industrial

Cuadro de uso industrial 1					
Nº de circuito	Tipo de circuito	Potencia Eléctrica [W]			
		R	S	T	
C13 (Motor puerta)	C13 (Motor puerta)	3125.0	-	-	
C1 (iluminación)	C1 (iluminación)	2078.0	-	-	
C2 (tomas)	C2 (tomas)	2900.0	-	-	
C7 (tomas)	C7 (tomas)	2900.0	-	-	
C7(2) (tomas)	C7(2) (tomas)	2400.0	-	-	
C14 (alumbrado de emergencia)	C14 (alumbrado de emergencia)	90.0	-	-	
C15 (Climatización)	C15 (Climatización)	4912.5	-	-	
C13(2) (Ventilador centrífugo en línea)	C13(2) (Ventilador centrífugo en línea)	300.0	-	-	

Tabla 4.17. Potencias eléctricas calculadas de los elementos del cuadro de uso industrial

4.2.6.3. Derivaciones individuales

En cuanto a los cálculos referidos a las derivaciones individuales, se ubican todos ellos en las Tablas 4.18, 4.19 y 4.20.

Esquema	Línea	Tipo de instalación	I _z (A)	F _{Cagrup}	R _{inc} (%)	I' _z (A)
Cuadro de uso industrial 1	RZ1-K (AS) Multi Cca-s1b,d1,a1 3G16	Tubo enterrado D=63 mm	112.00	1.00	-	112.00

Tabla 4.18. Descripción de las derivaciones individuales

Planta	Esquema	P _{calc} (kW)	Longitud (m)	Línea	I _c (A)	I' _z (A)	c.d.t (%)	c.d.t _{ac} (%)
0	Cuadro de uso industrial 1	14.85	2.72	RZ1-K (AS) Multi Cca-s1b,d1,a1 3G16	65.20	112.00	0.19	0.19

Tabla 4.19. Datos de cálculo de las derivaciones individuales del CPM-1

Sobrecarga y cortocircuito											
Esquema	Línea	I _c (A)	Proteccion es Fusible (A)	I ₂ (A)	I _z (A)	I _{cu} (kA)	I _{ccc} (kA)	I _{ccp} (kA)	t _{iccp} (s)	t _{ficc p} (s)	L _{max} (m)
Cuadro de uso industrial 1	RZ1-K (AS) Multi Cca-s1b,d1,a1 3G16	65.20	80	128.00	112.00	100	12.000	5.147	0.200	0.040	175.67

Tabla 4.20. Datos de sobrecarga y cortocircuito del CPM-1 (derivaciones individuales)

4.3. Climatización

En este apartado se comprobarán cuáles son las características de cada uno de los recintos que se han diseñado hasta ahora con sus componentes constructivas a los efectos de climatización,

es decir, cuál es la demanda energética que los recintos tienen para hacer el cálculo correspondiente.

4.3.1. Condiciones y demanda climáticas

Antes de comenzar con el cálculo, conviene destacar los datos generales previos que hay que tener en cuenta en relación al emplazamiento de la nave (Caldearenas). En la Figura 4.28 se muestran las condiciones climáticas predefinidas que CYPE tiene en cuenta.

Figura 4.28. Condiciones climáticas del emplazamiento de la nave

Temperatura seca verano	30.83 °C
Temperatura húmeda verano	20.80 °C
Oscilación media diaria	13.10 °C
Oscilación media anual	38.30 °C
Temperatura seca en invierno	-3.80 °C
Humedad relativa en invierno	90.0 %
Temperatura mínima histórica	-16.18 °C
Temperatura mínima del terreno	5.00 °C
Temperatura no perturbada del terreno	14.13 °C
Temperatura del agua fría de red	
Velocidad del viento	7.40 m/s

Fuente: CYPECAD MEP

Como el despacho y la oficina técnica son los únicos locales de la nave climatizados, el estudio climático se centrará en ellos. Las cargas que dichos recintos tienen en lo referente a refrigeración y calefacción, así como los caudales de ventilación total requeridos se recogen en la Tabla 4.21.

	Despacho	Oficina técnica
Cargas de refrigeración (W)	2519,76	10023,31
Cargas de calefacción (W)	2114,02	8569,64
Caudal de ventilación total (m³/h)	178,8	686,44

Tabla 4.21. Datos climáticos recogidos por CYPECAD MEP

Estos parámetros son importantes ya que han servido como base para seleccionar los componentes del sistema de climatización. Al estar tanto el despacho como la oficina técnica en la misma orientación y recibiendo soleamiento directo, tienen una demanda climática correspondiente a refrigeración mayor que la correspondiente a calefacción. La suma de ambas cargas para cada recinto determinará la selección de la máquina de calefacción, que deberá suministrar una potencia de refrigeración y calefacción mínima correspondiente al conjunto de ambas cargas. Pero no solo hay que asegurar que se cubre la potencia energética demandada por los recintos, sino que también se han de cumplir los requisitos correspondientes a la ventilación, a la renovación de aire que se tiene que producir dentro de dichos recintos. Esa información también es útil a la hora de hacer el cálculo, puesto que se tendrán que implementar rejillas de impulsión y de retorno para asegurar que se produce ese caudal de ventilación.

4.3.2. Unidad aire-agua para instalación en exterior

CYPECAD MEP da un número de sistemas de climatización amplio y versátil, con alguna limitación que responde a una serie de esquemas de principio que están predeterminados y sobre los que no se pueden realizar variaciones, a pesar de que en el mercado se encuentran sistemas de climatización que mezclan algunos de los que vienen en el programa. Sin embargo, hay una gran variedad de sistemas tanto en aire-agua como en aire-aire o sistemas de expansión directa con algún gas. En este caso, se han escogido sistemas de unidades autónomas para unidades de climatización alimentadas por agua como líquido refrigerante, es decir, fancoils. El sistema a utilizar requiere una unidad exterior que permita tanto el enfriamiento como el calentamiento del agua, puesto que no se va a complementar con ningún tipo de radiación. Se ha colocado una bomba de calor en el exterior, que es la que suministra el agua fría o caliente a las unidades interiores, los fancoils. Sus características vienen recogidas en la Figura 4.29.

Figura 4.29. Hoja de datos técnicos de la bomba de calor del exterior (aire-agua)

	Características técnicas	
	Temperatura de bulbo seco del aire exterior: 7°C, temperatura de salida del agua: 45°C	
	Potencia calorífica 12 kW	Consumo eléctrico 3.39 kW
	Temperatura de bulbo seco del aire exterior: 7°C, temperatura de salida del agua: 35°C	
	Potencia calorífica 12 kW	Consumo eléctrico 2.53 kW
	Temperatura de bulbo seco del aire exterior: 35°C, temperatura de salida del agua: 7°C	
	Potencia frigorífica 13.5 kW	Consumo eléctrico 4.66 kW
	Temperatura de bulbo seco del aire exterior: 35°C, temperatura de salida del agua: 18°C	
	Potencia frigorífica 12.5 kW	Consumo eléctrico 3.05 kW
Dimensiones 870x1378x460 mm		
Clase de eficiencia energética A+++		

Fuente: CYPECAD MEP – Climatización

4.3.3. Fancoil de techo

El fancoil interior se trata de un sistema bitubo (impulsión y retorno) que cubre la demanda energética de forma directa (Figura 4.30).

Figura 4.30. Hoja de datos técnicos de la unidad no autónoma para climatización

	Potencia frigorífica total a velocidad media/máxima: 11.9/14.8 kW
	Potencia frigorífica sensible a velocidad media/máxima: 9.6/12.9 kW
	Potencia calorífica a velocidad media/máxima: 14.9/19.9 kW
	Consumo eléctrico: a velocidad mínima/media/máxima: 180/421/675 W
	Dimensiones 356x1380x798 mm
	Peso 63 kg
	Presión sonora a velocidad mínima/media/máxima: 52/64/71 dBA
	Presión estática máxima 110 Pa
Caudal de aire: a velocidad media/máxima: 2112/3176 m³/h	
Pérdida de carga del agua a velocidad media/máxima: 19.8/26.1 kPa	

Fuente: CYPECAD MEP – Climatización

4.3.4. Tuberías y conductos horizontales

Los conductos de ventilación se han introducido en el programa de forma que estén a una cota menor respecto al suelo que las tuberías, para evitar que se produzca el cruzamiento entre las líneas de agua fría o caliente y la ventilación con su impulsión. Esto es importante considerarlo para que el esquema de los conductos sea lo más preciso posible y el programa no dé ninguna advertencia.

Los nexos de unión entre la unidad exterior e interior son tuberías de polietileno reticulado (PE-X), con barrera de oxígeno y un diámetro mínimo y máximo de 16 y 90 mm respectivamente (Figura 4.31). Por otra parte, los conductos de ventilación al estar dentro de un falso techo se han seleccionado de lana mineral y así estar bien aislado y que no existan pérdidas retenidas en el falso techo. Su espesor es de 25 mm.

Figura 4.31. Conductos de ventilación



Fuente: CYPECAD MEP – Climatización

A dichos conductos se le dan salida con las rejillas de impulsión, que son de aluminio con lamas regulables individualmente y mecanismo de regulación del caudal con lamas acopladas en oposición y fijadas mediante tornillos vistos (con marco de montaje). Las rejillas de retorno son también de aluminio con lamas horizontales regulables individualmente, pero sin parte posterior.

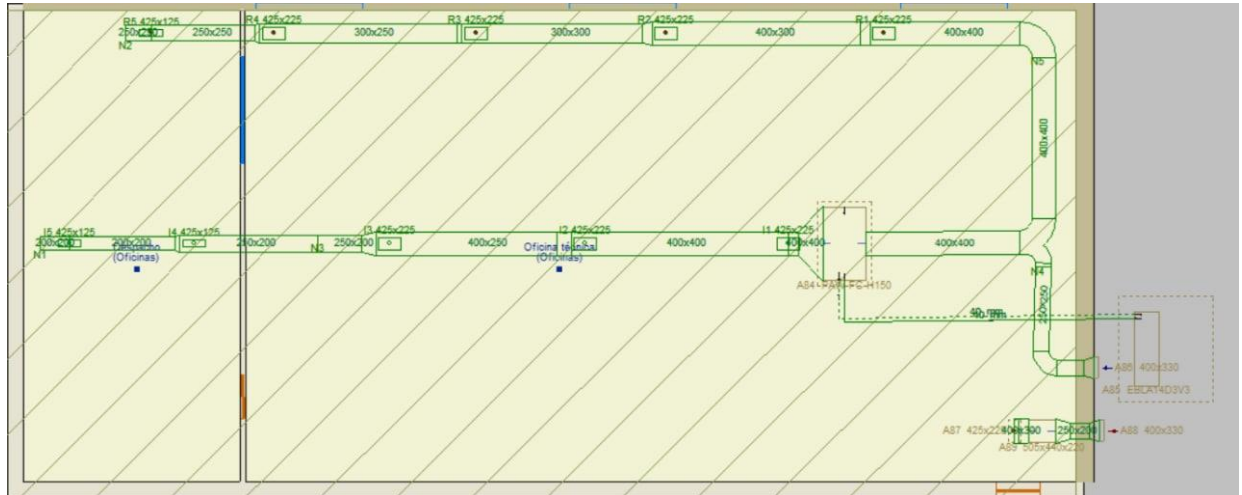
4.3.5. Extracción de aire

Para cumplir las renovaciones de aire y con los caudales de ventilación requeridos, se ha realizado una toma de aire conectada con el exterior. A priori, se puede pensar que se produce una sobrepresión y para resolver esta situación se realiza una extracción de aire, de forma independiente. Además, se ha introducido un ventilador que asegure la extracción, con un caudal de 866 m³/h, que es el volumen de renovaciones que exigía la suma de los caudales de la oficina y el despacho.

4.3.6. Esquema de instalación

La Figura 4.32 reúne todos los elementos descritos que conforman la climatización, distribuidos en la zona de oficinas.

Figura 4.32. Esquema de instalación de climatización



Fuente: CYPECAD MEP – Climatización

4.3.7. Resultados de cálculo

4.3.7.1. Fancoils

Modelo	P_{ref} (W)	P_{cal} (W)	Q_{ref} (l/s)	DP_{ref} (kPa)	PP_{ref} (kPa)
PAW-FC-H150 (A84-Planta baja)	14800.0	19900.0	0.71	26.100	4.750

Tabla 4.22. Resultados de cálculo de los Fancoils

Abreviaturas utilizadas			
P_{ref}	Potencia frigorífica total calculada	ΔP_{ref}	Pérdida de presión (Refrigeración)
P_{cal}	Potencia calorífica total calculada	PP_{ref}	Pérdida de presión acumulada (Refrigeración)
Q_{ref}	Caudal de agua (Refrigeración)		

Modelo	DT_{ref} (°C)	DT_{cal} (°C)	Q_{ref} (m³/h)	Q_{cal} (m³/h)	P (Pa)	N (dBA)	Dimensiones (mm)
PAW-FC-H150 (A84-Planta baja)	7.0	45.0	3176.0	3176.0	110.0	58.2	798x1380x356
$\Delta T_{ref} = 5 \text{ °C}$							

Tabla 4.23. Resultados de cálculo de los Fancoils (continuación)

Abreviaturas utilizadas			
ΔT_{ref}	Incremento de la temperatura del agua (Refrigeración)	Q_{cal}	Caudal de aire (Calefacción)
ΔT_{cal}	Incremento de la temperatura del agua (Calefacción)	P	Presión disponible de aire
Q_{ref}	Caudal de aire (Refrigeración)	N	Nivel sonoro

4.3.7.2. Conductos de aire

Tramo (planta baja)		Q (m ³ /h)	w x h (mm)	V (m/s)	Φ (mm)	L (m)	ΔP ₁ (Pa)	ΔP (Pa)	D (Pa)
Inicio	Final								
A84	N3	3176.0	400x400	5.9	437.3	0.65	12.73	46.19	7.99
A84	N3	2329.0	400x400	4.3	437.3	3.80	12.73	47.80	6.37
A84	N3	1481.9	400x250	4.4	343.3	3.66	12.73	53.38	0.80
A84	N3	634.9	250x200	3.8	244.1	1.35		43.98	
N3	N1	634.9	250x200	3.8	244.1	2.32	6.91	52.46	1.71
N3	N1	317.5	200x200	2.3	218.6	2.33	6.91	54.18	
N3	N1		200x200		218.6	0.55		47.27	
N2	N5		250x250		273.3	0.47		15.18	
N2	N5	461.9	250x250	2.2	273.3	2.30	11.46	26.64	
N2	N5	924.2	300x250	3.7	299.1	3.79	2.87	17.54	9.10
N2	N5	1386.4	300x300	4.6	327.9	3.57	2.87	15.65	10.99
N2	N5	1848.6	400x300	4.6	377.7	4.08	2.87	13.27	13.36
N2	N5	2310.8	400x400	4.3	437.3	3.00	2.87	10.96	15.68
N5	N4	2310.8	400x400	4.3	437.3	3.91		4.84	
A86	N4	865.2	250x250	4.1	273.3	3.33	4.46	16.02	
N4	A84	3176.0	400x400	5.9	437.3	3.34		2.50	
A87	A87	866.0	400x300	2.1	377.7	4.13	10.06	23.84	
A87	A89	866.0	400x300	2.1	377.7	0.26		12.63	
A89	A88	866.0	250x200	5.1	244.1	0.81	6.34	11.81	

Tabla 4.24. Resultados de cálculo de los conductos de aire

Abreviaturas utilizadas			
Q	Caudal	L	Longitud
w x h	Dimensiones (Ancho x Altura)	ΔP ₁	Pérdida de presión
V	Velocidad	ΔP	Pérdida de presión acumulada
Φ	Diámetro equivalente.	D	Diferencia de presión respecto al difusor o rejilla más desfavorable

4.3.7.3. Rejillas y difusores (conducción de aire)

Tipo	Φ (mm)	w x h (mm)	Q (m ³ /h)	A (cm ²)	X (m)	P (dBA)	ΔP ₁ (Pa)	ΔP (Pa)	D (Pa)
A86-Planta baja: Rejilla de toma de aire		400x330	865.2	660.66		23.3	4.46	16.02	0.00
A87-Planta baja: Rejilla de retorno		425x225	866.0	440.00		35.6	10.06	23.84	0.00
A88-Planta baja: Rejilla de extracción		400x330	866.0	825.83		< 20 dB	6.34	11.81	0.00
A84 -> N3, (36.09, 15.12), 0.65 m: Rejilla de impulsión		425x225	847.0	570.00	12.5	28.1	12.73	46.19	7.99
A84 -> N3, (32.29, 15.12), 4.46 m: Rejilla de impulsión		425x225	847.0	570.00	12.5	28.1	12.73	47.80	6.37
A84 -> N3, (28.63, 15.12), 8.12 m: Rejilla de impulsión		425x225	847.0	570.00	12.5	28.1	12.73	53.38	0.80
N3 -> N1, (24.96, 15.12), 2.32 m: Rejilla de impulsión		425x125	317.5	290.00	6.6	< 20 dB	6.91	52.46	1.71
N3 -> N1, (22.62, 15.12), 4.66 m: Rejilla de impulsión		425x125	317.5	290.00	6.6	< 20 dB	6.91	54.18	0.00
N2 -> N5, (24.15, 19.06), 0.47 m: Rejilla de retorno		425x125	461.9	220.00		37.6	11.46	26.64	0.00
N2 -> N5, (26.45, 19.06), 2.77 m: Rejilla de retorno		425x225	462.2	440.00		< 20 dB	2.87	17.54	9.10
N2 -> N5, (30.24, 19.06), 6.55 m: Rejilla de retorno		425x225	462.2	440.00		< 20 dB	2.87	15.65	10.99
N2 -> N5, (33.80, 19.06), 10.12 m: Rejilla de retorno		425x225	462.2	440.00		< 20 dB	2.87	13.27	13.36

Tipo	Φ (mm)	w x h (mm)	Q (m ³ /h)	A (cm ²)	X (m)	P (dBA)	ΔP_1 (Pa)	ΔP (Pa)	D (Pa)
N2 -> N5, (37.89, 19.06), 14.20 m: Rejilla de retorno		425x225	462.2	440.00		< 20 dB	2.87	10.96	15.68

Tabla 4.25. Resultados de cálculo de rejillas y difusores

Abreviaturas utilizadas			
Φ	Diámetro	P	Potencia sonora
w x h	Dimensiones (Ancho x Altura)	ΔP_1	Pérdida de presión
Q	Caudal	ΔP	Pérdida de presión acumulada
A	Área efectiva	D	Diferencia de presión respecto al difusor o rejilla más desfavorable
X	Alcance		

4.3.7.4. Tuberías (conducción de agua)

Tramo (planta baja)			Φ	Q (l/s)	V (m/s)	L (m)	ΔP_1 (kPa)	ΔP (kPa)
Inicio	Final	Tipo						
A84	A84	Impulsión (*)	40 mm	0.60	0.7	0.04	0.010	28.49
A84	A85	Impulsión (*)	40 mm	0.60	0.7	6.21	1.533	2.38
A85	A85	Impulsión (*)	40 mm	0.60	0.7	3.45	0.851	0.85
A84	A84	Retorno (*)	40 mm	0.60	0.7	0.32	0.075	2.36
A84	A85	Retorno (*)	40 mm	0.60	0.7	6.24	1.481	2.28
A85	A85	Retorno (*)	40 mm	0.60	0.7	3.37	0.800	0.80
(*) Tramo que forma parte del recorrido más desfavorable.								

Tabla 4.26. Resultados de cálculo de las tuberías para refrigeración

Tramo (planta baja)			Φ	Q (l/s)	V (m/s)	L (m)	ΔP_1 (kPa)	ΔP (kPa)
Inicio	Final	Tipo						
A84	A84	Impulsión (*)	40 mm	0.51	0.6	0.04	0.006	27.55
A84	A85	Impulsión (*)	40 mm	0.51	0.6	6.21	0.926	1.44
A85	A85	Impulsión (*)	40 mm	0.51	0.6	3.45	0.514	0.51
A84	A84	Retorno (*)	40 mm	0.51	0.6	0.32	0.048	1.51
A84	A85	Retorno (*)	40 mm	0.51	0.6	6.24	0.950	1.46
A85	A85	Retorno (*)	40 mm	0.51	0.6	3.37	0.513	0.51
(*) Tramo que forma parte del recorrido más desfavorable.								

Tabla 4.27. Resultados de cálculo de las tuberías para refrigeración

4.3.7.5. Cargas térmicas

- Refrigeración

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)								
Recinto		Conjunto de recintos						
Despacho (Oficinas)		Oficinas						
Condiciones de proyecto								
Internas				Externas				
Temperatura interior = 24.0 °C				Temperatura exterior = 30.2 °C				
Humedad relativa interior = 50.0 %				Temperatura húmeda = 20.8 °C				
Cargas de refrigeración a las 18h (16 hora solar) del día 1 de Julio							C. LATENTE (W)	C. SENSIBLE (W)
Cerramientos exteriores								
Tipo	Orientación	Superficie (m²)	U (W/(m²·K))	Peso (kg/m²)	Color	Teq. (°C)		
Fachada	N	26.3	0.29	231	Claro	23.3		-5.11
Cubiertas								

Tipo	Superficie (m ²)	U (W/(m ² ·K))	Peso (kg/m ²)	Color	Teq. (°C)		
Tejado	37.1	0.22	21	Intermedio	45.2		173.51
Cerramientos interiores							
Tipo	Superficie (m ²)	U (W/(m ² ·K))	Peso (kg/m ²)		Teq. (°C)		
Pared interior	104.5	0.18	166		23.5		-9.73
Total estructural							158.67
Ocupantes							
Actividad	Nº personas	C.lat/per (W)	C.sen/per (W)				
Empleado de oficina	4	60.48	65.98			241.90	263.91
Iluminación							
Tipo	Potencia (W)	Coef. iluminación					
Fluorescente con reactancia	500.64	1.05					525.67
Instalaciones y otras cargas							572.16
Cargas interiores						241.90	1361.73
Cargas interiores totales							1603.64
Cargas debidas a la propia instalación						3.0 %	45.61
FACTOR CALOR SENSIBLE : 0.87						Cargas internas totales	241.90
							1566.02
Potencia térmica interna total							1807.92
Ventilación							
Caudal de ventilación total (m³/h)							
178.8						372.70	339.14
Cargas de ventilación						372.70	339.14
Potencia térmica de ventilación total							711.84
Potencia térmica						614.60	1905.16
POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 35.8 m² 70.5 W/m²						POTENCIA TÉRMICA TOTAL : 2519.8 W	

Tabla 4.28. Listado completo de cargas térmicas de refrigeración en el despacho

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)									
Recinto		Conjunto de recintos							
Oficina técnica (Oficinas)		Oficinas							
Condiciones de proyecto									
Internas		Externas							
Temperatura interior = 24.0 °C		Temperatura exterior = 30.2 °C							
Humedad relativa interior = 50.0 %		Temperatura húmeda = 20.8 °C							
Cargas de refrigeración a las 18h (16 hora solar) del día 1 de Julio							C. LATENTE (W)	C. SENSIBLE (W)	
Cerramientos exteriores									
Tipo	Orientación	Superficie (m²)	U (W/(m²·K))	Peso (kg/m²)	Color	Teq. (°C)			
Fachada	N	91.6	0.29	231	Claro	23.3			
Fachada	E	68.1	0.29	231	Claro	25.9		-17.78	38.13
Ventanas exteriores									
Núm. ventanas	Orientación	Superficie (m²)	total U (W/(m²·K))	Coef. solar	radiación	Ganancia (W/m²)			
3	N		9.6	1.81		0.33	19.1		
Cubiertas									

Tipo	Superficie (m ²)	U (W/(m ² ·K))	Peso (kg/m ²)	Color	Teq. (°C)		
Tejado	142.5	0.22	21	Intermedio	45.2		666.17
Cerramientos interiores							
Tipo	Superficie (m ²)	U (W/(m ² ·K))	Peso (kg/m ²)	Color	Teq. (°C)		
Pared interior	137.5	0.18	166		23.5		-12.81
Hueco interior	1.7	2.20			27.1		11.49
Total estructural							868.26
Ocupantes							
Actividad	Nº personas	C.lat/per (W)	C.sen/per (W)				
Empleado de oficina	16	60.48	65.98			967.62	1055.63
Iluminación							
Tipo	Potencia (W)	Coef. iluminación					
Fluorescente con reactancia	1922.04	1.05					2018.14
Instalaciones y otras cargas							2196.62
Cargas interiores						967.62	5270.39
Cargas interiores totales							6238.01
Cargas debidas a la propia instalación						3.0 %	184.16
FACTOR CALOR SENSIBLE : 0.87						Cargas internas totales	967.62 6322.81
						Potencia térmica interna total	7290.43
Ventilación							
Caudal de ventilación total (m³/h)							
686.4						1430.87	1302.01
Cargas de ventilación						1430.87	1302.01
Potencia térmica de ventilación total							2732.88
Potencia térmica						2398.48	7624.82
POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 137.3 m² 73.0 W/m²						POTENCIA TÉRMICA TOTAL : 10023.3 W	

Tabla 4.29. Listado completo de cargas térmicas de refrigeración en la oficina técnica

- Calefacción

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)						
Recinto		Conjunto de recintos				
Despacho (Oficinas)		Oficinas				
Condiciones de proyecto						
Internas		Externas				
Temperatura interior = 21.0 °C		Temperatura exterior = -3.8 °C				
Humedad relativa interior = 50.0 %		Humedad relativa exterior = 90.0 %				
Cargas térmicas de calefacción						C. SENSIBLE (W)
Cerramientos exteriores						224.94
Tipo	Orientación	Superficie (m²)	U (W/(m²·K))	Peso (kg/m²)	Color	
Fachada	N	26.3	0.29	231	Claro	
Cubiertas						206.64
Tipo	Superficie (m²)	U (W/(m²·K))	Peso (kg/m²)	Color		
Tejado	37.1	0.22	21	Intermedio		
Forjados inferiores						

Tipo	Superficie (m ²)	U (W/(m ² ·K))	Peso (kg/m ²)	
S01	35.8	0.11	551	64.36
Cerramientos interiores				
Tipo	Superficie (m ²)	U (W/(m ² ·K))	Peso (kg/m ²)	
Pared interior	104.5	0.18	166	232.36
Total estructural				728.31
Cargas interiores totales				
Cargas debidas a la intermitencia de uso				5.0 % 36.42
Cargas internas totales				764.72
Ventilación				
Caudal de ventilación total (m³/h)				
	178.8			1349.30
Potencia térmica de ventilación total				1349.30
POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 35.8 m² 59.1 W/m²				POTENCIA TÉRMICA TOTAL : 2114.0 W

Tabla 4.30. Listado completo de cargas térmicas de calefacción en el despacho

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)						
Recinto		Conjunto de recintos				
Oficina técnica (Oficinas)		Oficinas				
Condiciones de proyecto						
Internas		Externas				
Temperatura interior = 21.0 °C		Temperatura exterior = -3.8 °C				
Humedad relativa interior = 50.0 %		Humedad relativa exterior = 90.0 %				
Cargas térmicas de calefacción						C. SENSIBLE (W)
Cerramientos exteriores						
Tipo	Orientación	Superficie (m²)	U (W/(m²·K))	Peso (kg/m²)	Color	
Fachada	N	91.6	0.29	231	Claro	783.44
Fachada	E	68.1	0.29	231	Claro	534.08
Ventanas exteriores						
Núm. ventanas	Orientación	Superficie total (m²)	U (W/(m²·K))			
3	N	9.6	1.81			518.40
Cubiertas						
Tipo	Superficie (m²)	U (W/(m²·K))	Peso (kg/m²)	Color		
Tejado	142.5	0.22	21	Intermedio	793.37	
Forjados inferiores						
Tipo	Superficie (m²)	U (W/(m²·K))	Peso (kg/m²)			
S01	137.3	0.11	551	247.10		
Cerramientos interiores						
Tipo	Superficie (m²)	U (W/(m²·K))	Peso (kg/m²)			
Pared interior	137.5	0.18	166	305.95		
Hueco interior	1.7	2.20		45.70		
Total estructural						3228.04
Cargas interiores totales						
Cargas debidas a la intermitencia de uso						5.0 % 161.40
Cargas internas totales						3389.45

Ventilación		
Caudal de ventilación total (m³/h)		
686.4		5180.20
Potencia térmica de ventilación total		5180.20
POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 137.3 m² 62.4 W/m²		POTENCIA TÉRMICA TOTAL : 8569.6 W

Tabla 4.31. Listado completo de cargas térmicas de calefacción en la oficina técnica

El listado resumen de cargas térmicas se muestra en las Tablas 4.32 y 4.33, tanto para refrigeración como para calefacción, respectivamente.

Recinto	Planta	Subtotales			Carga interna		Ventilación			Potencia térmica			
		Estructural (W)	Sensible interior (W)	Total interior (W)	Sensible (W)	Total (W)	Caudal (m³/h)	Sensible (W)	Carga total (W)	Por superficie (W/m²)	Sensible (W)	Máxima simultánea (W)	Máxima (W)
Despacho	Planta baja	158.67	1361.73	1603.64	1566.02	1807.92	178.80	339.14	711.84	70.46	1905.16	2519.76	2519.76
Oficina técnica	Planta baja	868.26	5270.39	6238.01	6322.81	7290.43	686.44	1302.01	2732.88	73.01	7624.82	10023.31	10023.31
Total (REFRIGERACIÓN)							865.2	Carga total simultánea			12543.1		

Recinto	Planta	Carga interna sensible (W)	Ventilación		Potencia		
			Caudal (m³/h)	Carga total (W)	Por superficie (W/m²)	Máxima simultánea (W)	Máxima (W)
Despacho	Planta baja	764.72	178.80	1349.30	59.12	2114.02	2114.02
Oficina técnica	Planta baja	3389.45	686.44	5180.20	62.42	8569.64	8569.64
Total (CALEFACCIÓN)			865.2	Carga total simultánea		10683.7	

Tablas 4.32 y 4.33. Listado resumen de las cargas térmicas de refrigeración y calefacción

Y en cuanto a las demandas parciales de refrigeración y calefacción por cada mes del recinto de oficinas, se encuentran en las Tablas 4.34 y 4.35.

Conjunto de recintos	Carga máxima simultánea por mes (kW)											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Oficinas	6.31	6.93	8.28	9.73	11.21	11.44	12.54	12.48	11.51	9.85	7.82	6.67

Tabla 4.34. Demanda parcial de refrigeración por mes

Conjunto de recintos	Carga máxima simultánea por mes (kW)		
	Diciembre	Enero	Febrero
Oficinas	10.68	10.68	10.68

Tabla 4.35. Demanda parcial de calefacción por mes

4.3.7.6. Potencia térmica instalada

La Tabla 4.36 recoge el cálculo de la carga máxima simultánea, el equivalente térmico de la potencia que absorben los equipos de transporte y el calor perdido en los conductos con la potencia instalada para cada recinto.

OFICINAS	P _{instalada} (kW)	%q _{tub}	%q _{equipos}	Q (kW)	Total (kW)
Refrigeración	13.50	0.75	2.00	12.54	12.91
Calefacción	12.00	1.59	2.00	10.68	11.11

Tabla 4.36. Cálculos sobre la potencia térmica total instalada

Abreviaturas utilizadas			
P _{instalada}	Potencia instalada (kW)	%q _{equipos}	Porcentaje del equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de fluidos respecto a la potencia instalada (%)
%q _{tub}	Porcentaje de pérdida de calor en tuberías para refrigeración respecto a la potencia instalada (%)	Q	Carga máxima simultánea de refrigeración/calefacción (kW)

4.3.7.7. Aislamiento térmico en redes de tuberías

Según la I.T.1.2.4.2.1.1 'Procedimiento simplificado' se ha llevado a cabo el aislamiento de tuberías con un método que expresa según el diámetro exterior de la tubería sin aislar y la temperatura del fluido, los espesores de aislamiento.

Para el cálculo de la pérdida de calor de las tuberías en contacto con el ambiente exterior se han tenido en cuenta la temperatura seca exterior de verano (30,8 °C), de invierno (-3,8 °C) y la velocidad del viento (7,4 m/s).

En la Tabla 4.37 se presentan las tuberías del exterior y sus aislamientos, así como las pérdidas por metro lineal y las pérdidas de calor totales.

Ø	l _{aisl.} (W/(m·K))	e _{aisl.} (mm)	L _{imp.} (m)	L _{ret.} (m)	F _{m.ref.} (W/m)	q _{ref.} (W)	F _{m.cal.} (W/m)	q _{cal.} (W)
40 mm	0.037	27	4.45	4.37	6.67	58.8	14.18	125.0

Tabla 4.37. Datos sobre las tuberías del exterior

Abreviaturas utilizadas			
Ø	Diámetro nominal	Φ _{m.ref.}	Valor medio de las pérdidas de calor para refrigeración por unidad de longitud
λ _{aisl.}	Conductividad del aislamiento	q _{ref.}	Pérdidas de calor para refrigeración
e _{aisl.}	Espesor del aislamiento	Φ _{m.cal.}	Valor medio de las pérdidas de calor para calefacción por unidad de longitud
L _{imp.}	Longitud de impulsión	q _{cal.}	Pérdidas de calor para calefacción
L _{ret.}	Longitud de retorno		

Se ha añadido un 25% al cálculo de pérdida de calor para tener en cuenta las válvulas en el sistema de tuberías.

Para el cálculo de pérdidas en las tuberías en contacto con el ambiente interior se han utilizado las condiciones de diseño interiores (Tabla 4.38).

\varnothing	$\lambda_{\text{aisl.}}$ (W/(m·K))	$e_{\text{aisl.}}$ (mm)	$L_{\text{imp.}}$ (m)	$L_{\text{ret.}}$ (m)	$F_{m.\text{ref.}}$ (W/m)	$Q_{\text{ref.}}$ (W)	$F_{m.\text{cal.}}$ (W/m)	$Q_{\text{cal.}}$ (W)
40 mm	0.037	27	5.25	5.55	3.98	43.0	6.14	66.3

Tabla 4.38. Datos sobre las tuberías del interior

Abreviaturas utilizadas			
\varnothing	Diámetro nominal	$\Phi_{m.\text{ref.}}$	Valor medio de las pérdidas de calor para refrigeración por unidad de longitud
$\lambda_{\text{aisl.}}$	Conductividad del aislamiento	$Q_{\text{ref.}}$	Pérdidas de calor para refrigeración
$e_{\text{aisl.}}$	Espesor del aislamiento	$\Phi_{m.\text{cal.}}$	Valor medio de las pérdidas de calor para calefacción por unidad de longitud
$L_{\text{imp.}}$	Longitud de impulsión	$Q_{\text{cal.}}$	Pérdidas de calor para calefacción
$L_{\text{ret.}}$	Longitud de retorno		

En este caso se ha añadido un 15% al cálculo de calor perdido para tener en cuenta las válvulas en el sistema de tuberías.

El porcentaje de pérdidas de calor en las tuberías de la instalación se puede comprobar en las Tablas 4.39 y 4.40.

Potencia de los equipos (kW)	q_{ref} (W)	Pérdida de calor (%)
13.50	101.8	0.8

Tabla 4.39. Pérdidas de calor por refrigeración

Potencia de los equipos (kW)	q_{cal} (W)	Pérdida de calor (%)
12.00	191.3	1.6

Tabla 4.40. Pérdidas de calor por calefacción

4.4. Presupuesto total

Nº	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1.1	Ud	<p>A) Descripción: Ventana de aluminio, gama media, con rotura de puente térmico, una hoja oscilobatiente y una hoja practicable, con apertura hacia el interior, dimensiones 2000x1600 mm, acabado lacado color blanco, con el sello QUALICOAT, que garantiza el espesor y la calidad del proceso de lacado, compuesta de hoja de 68 mm y marco de 60 mm, junquillos, galce, juntas de estanqueidad de EPDM, manilla y herrajes, según UNE-EN 14351-1; transmitancia térmica del marco: $U_{h,m}$ = desde 2,8 W/(m²K); espesor máximo del acristalamiento: 46 mm, con clasificación a la permeabilidad al aire clase 4, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase E1650, según UNE-EN 12208, y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase C5, según UNE-EN 12210, sin premarco y sin persiana. Incluso patillas de anclaje para la fijación de la carpintería, silicona para sellado perimetral de la junta entre la carpintería exterior y el paramento.</p> <p>B) Incluye: Ajuste final de las hojas. Sellado perimetral de la junta entre la carpintería exterior y el paramento. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>E) Criterio de valoración económica: El precio no incluye el recibido en obra de la carpintería.</p>	13,00	759,03	9.867,39

Nº	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1.2	Ud	<p>A) Descripción: Puerta interior abatible, ciega, de una hoja de 203x82,5x3,5 cm, de tablero de MDF, prelacada en blanco, con moldura de forma recta; precerco de pino país de 90x35 mm; galces de MDF de 90x20 mm; tapajuntas de MDF de 70x10 mm en ambas caras. Incluso bisagras, herrajes de colgar, de cierre y manivela sobre escudo largo de latón, color negro, acabado brillante, serie básica.</p> <p>B) Incluye: Presentación de la puerta. Colocación de los herrajes de colgar. Colocación de la hoja. Colocación de los herrajes de cierre. Colocación de accesorios. Ajuste final. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	7,00	244,57	1.711,99
1.3	m²	<p>A) Descripción: Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 4/16/6 Templalite Azur.lite color azul, conjunto formado por vidrio exterior de baja emisividad térmica LOW.S de 4 mm, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 16 mm, y vidrio interior Templalite Azur.lite color azul de 6 mm de espesor; 26 mm de espesor total, fijado sobre carpintería con acañado mediante calzos de apoyo perimetrales y laterales, sellado en frío con silicona Sikasil WS-305-N "SIKA", compatible con el material soporte.</p> <p>B) Incluye: Colocación, calzado, montaje y ajuste en la carpintería. Sellado final de estanqueidad. Señalización de las hojas.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Superficie de carpintería a acristalar, según documentación gráfica de Proyecto, incluyendo en cada hoja vidriera las dimensiones del bastidor.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sumando, para cada una de las piezas, la superficie resultante de redondear por exceso cada una de sus aristas a múltiplos de 30 mm.</p>	31,46	140,34	4.415,10
TOTAL PRESUPUESTO PARCIAL Nº 1 CARPINTERÍA, CERRAJERÍA, VIDRIOS Y PROTECCIONES SOLARES:					15.994,48

Tabla 4.41. Presupuesto de carpintería, cerrajería, vidrios y protecciones solares (obra civil)

Nº	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
2.1	m²	<p>A) Descripción: Aislamiento termoacústico de suelos flotantes, formado por panel rígido de lana mineral, según UNE-EN 13162, no revestido, de 40 mm de espesor, resistencia térmica 1,1 m²K/W, conductividad térmica 0,035 W/(mK), colocado a tope, simplemente apoyado, cubierto con film de polietileno de 0,2 mm de espesor y desolidarización perimetral realizada con el mismo material aislante, preparado para recibir una base de pavimento de mortero u hormigón. Incluso cinta autoadhesiva para sellado de juntas.</p> <p>B) Incluye: Limpieza y preparación de la superficie soporte. Replanteo y corte del aislamiento. Colocación del aislamiento. Colocación del film de polietileno. Sellado de juntas del film de polietileno.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	203,64	19,24	3.918,03

Nº	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
2.2	m ²	<p>A) Descripción: Aislamiento acústico a ruido aéreo sobre falso techo, formado por panel semirrígido de lana mineral, según UNE-EN 13162, no revestido, de 40 mm de espesor, resistencia térmica 1,1 m²K/W, conductividad térmica 0,035 W/(mK).</p> <p>B) Incluye: Corte y ajuste del aislamiento. Colocación del aislamiento.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p> <p>E) Criterio de valoración económica: El precio no incluye el falso techo.</p>	212,18	8,12	1.722,90
TOTAL PRESUPUESTO PARCIAL Nº 2 AISLAMIENTOS E IMPERMEABILIZACIONES:					5.640,93

Tabla 4.42. Presupuesto de aislamientos e impermeabilizaciones (obra civil)

Nº	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
3.1	m ²	<p>A) Descripción: Aplicación manual de dos manos de pintura plástica color blanco, acabado mate, textura lisa, la primera mano diluida con un 20% de agua y la siguiente sin diluir, (rendimiento: 0,1 l/m² cada mano); previa aplicación de una mano de imprimación a base de copolímeros acrílicos en suspensión acuosa, sobre paramento interior de yeso o escayola, vertical, de hasta 3 m de altura.</p> <p>B) Incluye: Preparación del soporte. Aplicación de una mano de fondo. Aplicación de dos manos de acabado.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto, con el mismo criterio que el soporte base.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, con el mismo criterio que el soporte base.</p> <p>E) Criterio de valoración económica: El precio incluye la protección de los elementos del entorno que puedan verse afectados durante los trabajos y la resolución de puntos singulares.</p>	568,69	5,59	3.178,98
3.2	m ²	<p>A) Descripción: Aplicación manual de dos manos de pintura plástica color blanco, acabado mate, textura lisa, la primera mano diluida con un 20% de agua y la siguiente sin diluir, (rendimiento: 0,1 l/m² cada mano); previa aplicación de una mano de imprimación a base de copolímeros acrílicos en suspensión acuosa, sobre paramento interior de yeso o escayola, horizontal, hasta 3 m de altura.</p> <p>B) Incluye: Preparación del soporte. Aplicación de una mano de fondo. Aplicación de dos manos de acabado.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto, con el mismo criterio que el soporte base.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, con el mismo criterio que el soporte base.</p> <p>E) Criterio de valoración económica: El precio incluye la protección de los elementos del entorno que puedan verse afectados durante los trabajos y la resolución de puntos singulares.</p>	212,18	6,64	1.408,88

Nº	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
3.3	m ²	<p>A) Descripción: Formación de revestimiento continuo interior de yeso, a buena vista, sobre paramento vertical, de hasta 3 m de altura, de 15 mm de espesor, formado por una capa de guarnecido con pasta de yeso de construcción B1, aplicado sobre los paramentos a revestir, con maestras solamente en las esquinas, rincones, guarniciones de huecos y maestras intermedias para que la separación entre ellas no sea superior a 3 m. Incluso colocación de guardavivos de plástico y metal con perforaciones, remates con rodapié, formación de aristas y rincones, guarniciones de huecos, colocación de malla de fibra de vidrio antiálcalis para refuerzo de encuentros entre materiales diferentes en un 10% de la superficie del paramento y montaje, desmontaje y retirada de andamios.</p> <p>B) Incluye: Preparación del soporte que se va a revestir. Realización de maestras. Colocación de guardavivos en las esquinas y salientes. Amasado del yeso grueso. Extendido de la pasta de yeso entre maestras y regularización del revestimiento.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Superficie medida desde el pavimento hasta el techo, según documentación gráfica de Proyecto, sin deducir huecos menores de 4 m² y deduciendo, en los huecos de superficie mayor de 4 m², el exceso sobre 4 m². No han sido objeto de descuento los paramentos verticales que tienen armarios empotrados, sea cual fuere su dimensión.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá, a cinta corrida, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, considerando como altura la distancia entre el pavimento y el techo, sin deducir huecos menores de 4 m² y deduciendo, en los huecos de superficie mayor de 4 m², el exceso sobre 4 m². Los paramentos que tengan armarios empotrados no serán objeto de descuento sea cual fuere su dimensión.</p>	568,69	8,56	4.867,99
3.4	m ²	<p>A) Descripción: Capa fina de pasta niveladora de suelos CT - C20 - F6 según UNE-EN 13813, de 2 mm de espesor, aplicada manualmente, para la regularización y nivelación de la superficie soporte interior de hormigón o mortero, previa aplicación de imprimación monocomponente a base de resinas sintéticas modificadas sin disolventes, de color amarillo, preparada para recibir pavimento cerámico, de corcho, de madera, laminado, flexible o textil. Incluso banda de panel rígido de poliestireno expandido para la preparación de las juntas perimetrales de dilatación.</p> <p>B) Incluye: Replanteo y marcado de niveles de acabado. Preparación de las juntas perimetrales de dilatación. Aplicación de la imprimación. Amasado con batidor eléctrico. Vertido y extendido de la mezcla. Curado del mortero.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sin deducir la superficie ocupada por los pilares situados dentro de su perímetro.</p> <p>E) Criterio de valoración económica: El precio no incluye el soporte de hormigón ni el revestimiento.</p>	203,64	8,81	1.794,07

Nº	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
3.5	m²	<p>A) Descripción: Base para pavimento interior, de 40 mm de espesor, de mortero autonivelante de cemento, Agilia Suelo C Base "LAFARGEHOLCIM", CT - C10 - F3 según UNE-EN 13813, vertido con mezcladora-bombearadora, sobre lámina de aislamiento para formación de suelo flotante; y posterior aplicación de líquido de curado incoloro, (0,15 l/m²). Incluso banda de panel rígido de poliestireno expandido para la preparación de las juntas perimetrales de dilatación.</p> <p>B) Incluye: Replanteo y marcado de niveles. Preparación de las juntas perimetrales de dilatación. Extendido del mortero mediante bombeo. Aplicación del líquido de curado.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sin deducir la superficie ocupada por los pilares situados dentro de su perímetro.</p> <p>E) Criterio de valoración económica: El precio no incluye la lámina de aislamiento.</p>	203,64	7,18	1.462,14
3.6	m²	<p>A) Descripción: Suministro y ejecución de pavimento mediante el método de colocación en capa fina, de baldosas cerámicas de gres esmaltado, de 25x25 cm, 8 €/m², capacidad de absorción de agua E<3%, grupo B1b, según UNE-EN 14411, con resistencia al deslizamiento Rd<=15 según UNE 41901 EX y resbaladicidad clase 0 según CTE; recibidas con adhesivo cementoso de uso exclusivo para interiores, Ci sin ninguna característica adicional, color gris y rejuntadas con mortero de juntas cementoso tipo L, color blanco, para juntas de hasta 3 mm. Incluso limpieza, comprobación de la superficie soporte, replanteos, cortes, formación de juntas perimetrales continuas, de anchura no menor de 5 mm, en los límites con paredes, pilares exentos y elevaciones de nivel y, en su caso, juntas de partición y juntas estructurales existentes en el soporte, eliminación del material sobrante del rejuntado y limpieza final del pavimento.</p> <p>B) Incluye: Limpieza y comprobación de la superficie soporte. Replanteo de los niveles de acabado. Replanteo de la disposición de las piezas y juntas de movimiento. Aplicación del adhesivo. Colocación de las baldosas a punta de paleta. Formación de juntas de partición, perimetrales y estructurales. Rejuntado. Eliminación y limpieza del material sobrante. Limpieza final del pavimento.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Superficie útil, medida según documentación gráfica de Proyecto. No se ha incrementado la medición por roturas y recortes, ya que en la descomposición se ha considerado un 5% más de piezas.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	203,64	22,88	4.659,28

Nº	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
3.7	m ²	<p>A) Descripción: Falso techo continuo suspendido, liso, 12,5+27+27, situado a una altura menor de 4 m, con nivel de calidad del acabado estándar (Q2), constituido por: ESTRUCTURA: estructura metálica de acero galvanizado de maestras primarias 60/27 mm con una modulación de 1000 mm y suspendidas de la superficie soporte de hormigón con cuelgues combinados cada 900 mm, y maestras secundarias fijadas perpendicularmente a las maestras primarias con conectores tipo caballete con una modulación de 500 mm; PLACAS: una capa de placas de yeso laminado A / UNE-EN 520 - 1200 / longitud / 12,5 / con los bordes longitudinales afinados. Incluso banda autoadhesiva desolidarizante, fijaciones para el anclaje de los perfiles, tornillería para la fijación de las placas, pasta de juntas, cinta microperforada de papel y accesorios de montaje.</p> <p>B) Incluye: Replanteo de los ejes de la estructura metálica. Colocación de la banda acústica. Nivelación y fijación de los perfiles perimetrales. Señalización de los puntos de anclaje al forjado o elemento soporte. Nivelación y suspensión de los perfiles primarios y secundarios de la estructura. Corte de las placas. Fijación de las placas. Resolución de encuentros y puntos singulares. Tratamiento de juntas.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Superficie medida entre paramentos, según documentación gráfica de Proyecto, sin descontar huecos para instalaciones.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, siguiendo los criterios de medición expuestos en la norma UNE 92305.</p>	212,18	24,56	5.211,14
TOTAL PRESUPUESTO PARCIAL Nº 3 REVESTIMIENTOS Y TRASDOSADOS:					22.582,48

Tabla 4.43. Presupuesto de revestimientos y trasdosados (obra civil)

Nº	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
4.1	m ²	<p>A) Descripción: soloera por capas, siendo la primera de hormigón armado de 15 cm, la segunda de un impermeabilizante plástico formado por polietileno de alta densidad de 5 cm, y la última que actúa como aislante y formada por una plancha de poliuretano de 6 cm. Además de este aislamiento, cuenta con otro perimetral, con el fin de evitar que se produzcan condensaciones o algún tipo de humedad hacia el interior.</p> <p>B) Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>C) Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	816,31	22,30	18.203,71
4.2	m ²	<p>A) Descripción: Pared de un hoja de hormigón con arcilla expandida como árido principal de 12 cm de espesor.</p> <p>B) Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>C) Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	99,15	16,93	1.678,61
4.3	m ²	<p>A) Descripción: Pared de doble hoja con segunda hoja apoyada en banda elástica de hormigón con arcilla expandida como árido principal de 12 cm, mortero de cemento de 2 cm, MW Lana mineral de 8 cm, cámara de aire ligeramente ventilada de 2 cm y tabicón de LH doble de 7 cm.</p> <p>B) Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>C) Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	24,85	42,78	1.063,08

Nº	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
4.4	m ²	<p>A) Descripción: Hoja de partición interior, de 7 cm de espesor, de fábrica de ladrillo cerámico hueco (tochana), para revestir, recibida con mortero de cemento industrial, color gris, M-5, suministrado a granel, con banda elástica, de banda flexible de espuma de polietileno reticulado de celdas cerradas, de 10 mm de espesor, resistencia térmica 0,25 m²K/W, conductividad térmica 0,04 W/(mK) y rigidez dinámica 57,7 MN/m³, fijada a los forjados y a los encuentros con otros elementos verticales con pasta de yeso.</p> <p>B) Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>C) Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	23,05	15,90	366,50
4.5	m ²	<p>A) Descripción: Pared de doble hoja con segunda hoja apoyada en banda elástica de fábrica de ladrillo hueco de 7 cm, mortero de cemento de 2 cm, PUR Plancha con HFC y rev. Impermeable a gases de 12 cm y tabicón de LH doble de 7 cm.</p> <p>B) Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>C) Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	41,05	25,76	1057,45
TOTAL PRESUPUESTO PARCIAL Nº 4 SOLERA, CERRAMIENTOS Y TABIQUERÍA:					22.369,35

Tabla 4.44. Presupuesto de solera, cerramientos y tabiquería (obra civil)

Nº	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
5.1	m	<p>A) Descripción: Cable multipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 Kv, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 3G16 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado ® y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Incluso accesorios y elementos de sujeción. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>B) Incluye: Tendido del cable. Conexionado.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	2,72	12,71	34,57
5.2	m	<p>A) Descripción: Cable unipolar H07V-K, siendo su tensión asignada de 450/750 V, reacción al fuego clase Eca, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 1,5 mm² de sección, con aislamiento de PVC (V). Incluso accesorios y elementos de sujeción. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>B) Incluye: Tendido del cable. Conexionado.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	518,55	0,69	357,80
5.3	m	<p>A) Descripción: Cable unipolar H07V-K, siendo su tensión asignada de 450/750 V, reacción al fuego clase Eca, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 2,5 mm² de sección, con aislamiento de PVC (V). Incluso accesorios y elementos de sujeción. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>B) Incluye: Tendido del cable. Conexionado.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	2.530,89	0,89	2.252,49

Nº	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
5.4	m	<p>A) Descripción: Cable unipolar H07V-K, siendo su tensión asignada de 450/750 V, reacción al fuego clase Eca, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 4 mm² de sección, con aislamiento de PVC (V). Incluso accesorios y elementos de sujeción. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>B) Incluye: Tendido del cable. Conexionado.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	41,97	1,15	48,27
5.5	Ud	<p>A) Descripción: Cuadro de uso industrial formado por caja empotrable de material aislante con puerta opaca, para alojamiento del interruptor de control de potencia (ICP) (no incluido en este precio) en compartimento independiente y precintable, 1 interruptor general automático (IGA) bipolar (2P) y otros dispositivos generales e individuales de mando y protección. Incluso elementos de fijación, regletas de conexión y cuantos accesorios sean necesarios para su correcta instalación. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>B) Incluye: Replanteo. Colocación de la caja para el cuadro. Conexionado. Montaje de los componentes.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,00	1.376,19	1.376,19
5.6	Ud	<p>A) Descripción: Componentes para la red eléctrica de distribución interior de uso industrial: mecanismos gama básica con tecla o tapa y marco de color blanco y embellecedor de color blanco y monobloc de superficie (IP55); cajas de empotrar con tornillos de fijación, cajas de derivación con tapas y regletas de conexión. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación. Totalmente montados, conexionados y probados.</p> <p>B) Incluye: Colocación de cajas de derivación y de empotrar. Colocación de mecanismos.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,00	691,96	691,96
5.7	m	<p>A) Descripción: Suministro e instalación fija en superficie de canalización de tubo de PVC, serie B, de 32 mm de diámetro y 3 mm de espesor. Incluso accesorios y piezas especiales.</p> <p>B) Incluye: Replanteo. Colocación y fijación del tubo.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	942,00	3,67	3.457,14
5.8	m	<p>A) Descripción: Suministro e instalación empotrada en elemento de construcción de obra de fábrica de canalización de tubo curvable de PVC, corrugado, de color negro, de 20 mm de diámetro nominal, con grado de protección IP545.</p> <p>B) Incluye: Replanteo. Colocación y fijación del tubo.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	0,92	1,05	0,97

Nº	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
5.9	m	<p>A) Descripción: Suministro e instalación enterrada de canalización de tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 63 mm de diámetro nominal, resistencia a la compresión 250 N, colocado sobre solera de hormigón no estructural HNE-15/B/20 de 5 cm de espesor y posterior relleno con el mismo hormigón hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería. Incluso cinta de señalización.</p> <p>B) Incluye: Replanteo. Ejecución de la solera de hormigón para asiento del tubo. Colocación del tubo. Colocación de la cinta de señalización. Ejecución del relleno envolvente de hormigón.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p> <p>E) Criterio de valoración económica: El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos, pero no incluye la excavación ni el relleno principal.</p>	2,72	7,60	20,67
5.10	Ud	<p>A) Descripción: Red de toma de tierra para estructura metálica del edificio compuesta por 122 m de cable conductor de cobre desnudo recocido de 35 mm² de sección para la línea principal de toma de tierra del edificio, enterrado a una profundidad mínima de 80 cm, 8 m de cable conductor de cobre desnudo recocido de 35 mm² de sección para la línea de enlace de toma de tierra de los pilares metálicos a conectar. Incluso soldaduras aluminotérmicas, registro de comprobación y puente de prueba. Totalmente montada, conexiónada y probada.</p> <p>B) Incluye: Replanteo. Conexiónado del electrodo y la línea de enlace. Montaje del punto de puesta a tierra. Trazado de la línea principal de tierra. Sujeción. Trazado de derivaciones de tierra. Conexiónado de las derivaciones. Conexión a masa de la red. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,00	714,68	714,68
5.11	Ud	<p>A) Descripción: Suministro e instalación en la superficie del techo de detector de movimiento por infrarrojos para automatización del sistema de alumbrado, formato extraplano, ángulo de detección de 360°, alcance de 7 m de diámetro a 2,5 m de altura, regulable en tiempo, en sensibilidad lumínica y en distancia de captación, alimentación a 230 V y 50-60 Hz, poder de ruptura de 5 A a 230 V, con conmutación en paso por cero, recomendada para lámparas fluorescentes y lámparas LED, cargas máximas recomendadas: 1000 W para lámparas incandescentes, 250 VA para lámparas fluorescentes, 500 VA para lámparas halógenas de bajo voltaje, 1000 W para lámparas halógenas, 200 VA para lámparas de bajo consumo, 200 VA para luminarias tipo Downlight, 200 VA para lámparas LED, temporización regulable digitalmente de 3 s a 30 min, sensibilidad lumínica regulable de 5 a 1000 lux, temperatura de trabajo entre -10°C y 40°C, grado de protección IP20, de 120 mm de diámetro. Incluso sujeciones.</p> <p>B) Incluye: Replanteo. Montaje, conexiónado y comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	4,00	87,54	350,16

Nº	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
5.12	Ud	<p>A) Descripción: Luminaria circular de techo Downlight, de 81 mm de diámetro y 40 mm de altura, para 3 led de 1 W; aro embellecedor de aluminio inyectado, acabado termoesmaltado, de color blanco; protección IP20 y aislamiento clase F; instalación empotrada. Incluso lámparas.</p> <p>B) Incluye: Replanteo. Montaje, conexonado y comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p> <p>E) Criterio de valoración económica: El precio no incluye las ayudas de albañilería para instalaciones.</p>	7,00	174,96	1.224,72
5.13	Ud	<p>A) Descripción: Luminaria suspendida tipo Downlight, de 320 mm de diámetro y 355 mm de altura, para lámpara fluorescente triple TC-TEL de 26 W, modelo Miniyes 1x26W TC-TEL Reflector Cristal Transparente "LAMP", con cuerpo de aluminio extruido de color RAL 9006 con equipo de encendido electrónico y aletas de refrigeración; protección IP20; reflector metalizado, acabado mate; cierre de vidrio transparente; sistema de suspensión por cable de acero de 3x0,75 mm de diámetro y 4 m de longitud máxima. Incluso lámparas.</p> <p>B) Incluye: Replanteo. Montaje, conexonado y comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	13,00	215,09	2.796,17
5.14	Ud	<p>A) Descripción: Luminaria cuadrada, de 652x652x100 mm, para 4 lámparas fluorescentes TL de 18 W, con cuerpo de luminaria de chapa de acero, acabado lacado, de color blanco, cantoneras de ABS y lamas transversales estriadas; reflector de aluminio, acabado brillante; balasto magnético; protección IP20 y aislamiento clase F; instalación en superficie. Incluso lámparas.</p> <p>B) Incluye: Replanteo. Montaje, conexonado y comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	6,00	166,95	1.001,70
TOTAL PRESUPUESTO PARCIAL Nº 1 INSTALACIONES:					14.327,49

Tabla 4.45. Presupuesto de instalación eléctrica

Nº	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
6.1	Ud	<p>A) Descripción: Regulación y control centralizado, formado por: controlador de fancoil (FCC), configurado como maestro; sonda de temperatura para impulsión para aire primario; termostato de ambiente (RU) multifuncional. Totalmente montado, conexonado y puesto en marcha por la empresa instaladora para la comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>B) Incluye: Replanteo de la unidad. Colocación y fijación de la unidad. Conexonado con el fancoil. Puesta en marcha.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,00	318,90	318,90

6.2	Ud	<p>A) Descripción: Fancoil horizontal, de techo con distribución por conducto rectangular, sistema de dos tubos, modelo PAW-FC-H150 "PANASONIC", potencia frigorífica total a velocidad media/máxima: 11,9/14,8 kW (temperatura de bulbo húmedo del aire interior 19°C, temperatura de entrada del agua 7°C, salto térmico 5°C), potencia calorífica a velocidad media/máxima: 14,9/19,9 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 20°C, temperatura de entrada del agua 50°C), consumo eléctrico: a velocidad mínima/media/máxima: 180/421/675 W, dimensiones 356x1380x798 mm, peso 63 kg, presión sonora a velocidad mínima/media/máxima: 52/64/71 dBA, presión estática máxima 110 Pa, caudal de aire: a velocidad media/máxima: 2112/3176 m³/h, pérdida de carga del agua a velocidad media/máxima: 19,8/26,1 kPa, conexiones hidráulicas en el lado izquierdo de la unidad, ventilador de 5 velocidades, con 3 de ellas precableadas de fábrica, bandeja de recogida de condensados y filtro de aire de succión G2, con control remoto, digital, por cable, para fancoil, modelo PAW-FC-903TC, con válvula de 2 vías, con kit de montaje, modelo PAW-FC-2WY-150. Incluso elementos para suspensión del techo. Totalmente montado, conexionado y puesto en marcha por la empresa instaladora para la comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>B) Incluye: Replanteo de la unidad. Colocación y fijación de la unidad. Conexionado con las redes de conducción de agua, eléctrica, de recogida de condensados, y de conductos. Puesta en marcha.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,00	2.300,42	2.300,42
6.3	Ud	<p>A) Descripción: Ventilador centrífugo de perfil bajo, con motor para alimentación monofásica a 230 V y 50 Hz de frecuencia, con protección térmica, aislamiento clase F, grado de protección IP55 y caja de bornes ignífuga, de 1240 r.p.m., potencia absorbida 240 W, caudal máximo de 1090 m³/h, dimensiones 440x220 mm y 505 mm de largo y nivel de presión sonora de 57 dBA.</p> <p>B) Incluye: Replanteo. Colocación y fijación. Conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,00	600,55	600,55
6.4	m²	<p>A) Descripción: Conducto rectangular para la distribución de aire climatizado formado por panel rígido de alta densidad de lana de vidrio según UNE-EN 14303, revestido por sus dos caras, la exterior con un complejo de aluminio visto + malla de fibra de vidrio + kraft y la interior con un velo de vidrio, de 25 mm de espesor, resistencia térmica 0,75 m²K/W, conductividad térmica 0,032 W/(mK). Incluso codos, derivaciones, embocaduras, soportes metálicos galvanizados, elementos de fijación, sellado de tramos y uniones con cinta autoadhesiva de aluminio, accesorios de montaje y piezas especiales.</p> <p>B) Incluye: Replanteo del recorrido de los conductos. Marcado y posterior anclaje de los soportes de los conductos. Montaje y fijación de conductos. Sellado de las uniones. Comprobación de su correcto funcionamiento. Limpieza final.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Superficie proyectada, según documentación gráfica de Proyecto, calculada como producto del perímetro exterior por la longitud del tramo, medida entre los ejes de los elementos o de los puntos a conectar, sin descontar las piezas especiales.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	80,31	35,68	2.865,46

Nº	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
6.5	Ud	<p>A) Descripción: Rejilla de impulsión, de aluminio extruido, anodizado color natural E6-C-0, con lamas horizontales regulables individualmente, de 425x125 mm, con parte posterior de chapa de acero pintada en color negro RAL 9005, formada por lamas verticales regulables individualmente y mecanismo de regulación del caudal con lamas acopladas en oposición, accionables desde la parte frontal, fijación mediante tornillos vistos (con marco de montaje de chapa de acero galvanizado), montada en conducto rectangular no metálico. Incluso accesorios de montaje y elementos de fijación.</p> <p>B) Incluye: Replanteo. Montaje y fijación de la rejilla.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	2,00	84,19	168,38
6.6	Ud	<p>A) Descripción: Rejilla de impulsión, de aluminio extruido, anodizado color natural E6-C-0, con lamas horizontales regulables individualmente, de 425x225 mm, con parte posterior de chapa de acero pintada en color negro RAL 9005, formada por lamas verticales regulables individualmente y mecanismo de regulación del caudal con lamas acopladas en oposición, accionables desde la parte frontal, fijación mediante tornillos vistos (con marco de montaje de chapa de acero galvanizado), montada en conducto rectangular no metálico. Incluso accesorios de montaje y elementos de fijación.</p> <p>B) Incluye: Replanteo. Montaje y fijación de la rejilla.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	3,00	107,12	321,36
6.7	Ud	<p>A) Descripción: Rejilla de retorno, de aluminio extruido, anodizado color natural E6-C-0, con lamas horizontales regulables individualmente, de 425x125 mm, fijación mediante tornillos vistos (con marco de montaje de chapa de acero galvanizado), montada en conducto rectangular no metálico. Incluso accesorios de montaje y elementos de fijación.</p> <p>B) Incluye: Replanteo. Montaje y fijación de la rejilla.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,00	46,31	46,31
6.8	Ud	<p>A) Descripción: Rejilla de retorno, de aluminio extruido, anodizado color natural E6-C-0, con lamas horizontales regulables individualmente, de 425x225 mm, fijación mediante tornillos vistos (con marco de montaje de chapa de acero galvanizado), montada en conducto rectangular no metálico. Incluso accesorios de montaje y elementos de fijación.</p> <p>B) Incluye: Replanteo. Montaje y fijación de la rejilla.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	5,00	57,65	288,25

Nº	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
6.9	Ud	<p>A) Descripción: Rejilla de intemperie para instalaciones de ventilación, marco frontal y lamas de chapa perfilada de acero galvanizado, de 400x330 mm, tela metálica de acero galvanizado con malla de 20x20 mm. Incluso accesorios de montaje y elementos de fijación.</p> <p>B) Incluye: Replanteo. Montaje y fijación de la rejilla en el cerramiento. Conexión al conducto.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,00	136,83	136,83
6.10	Ud	<p>A) Descripción: Rejilla de intemperie para instalaciones de ventilación, marco frontal y lamas de chapa perfilada de acero galvanizado, de 400x330 mm, tela metálica de acero galvanizado con malla de 20x20 mm. Incluso accesorios de montaje y elementos de fijación.</p> <p>B) Incluye: Replanteo. Montaje y fijación de la rejilla en el cerramiento. Conexión al conducto.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,00	136,83	136,83
6.11	Ud	<p>A) Descripción: Punto de llenado de red de distribución de agua, para sistema de climatización, formado por 2 m de tubo de polietileno reticulado (PE-Xa), con barrera de oxígeno (EVOH), de 16 mm de diámetro exterior y 2 mm de espesor, PN=6 atm, suministrado en rollos, colocado superficialmente, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica, válvulas de corte, filtro retenedor de residuos, contador de agua y válvula de retención. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>B) Incluye: Replanteo del recorrido de las tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación y fijación de tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación del aislamiento. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,00	111,84	111,84
6.12	m	<p>A) Descripción: Tubería de distribución de agua fría y caliente de climatización formada por tubo de polietileno reticulado (PE-Xa), con barrera de oxígeno (EVOH), de 40 mm de diámetro exterior y 3,7 mm de espesor, PN=6 atm, suministrado en rollos, colocado superficialmente en el interior del edificio, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales. Totalmente montada, conexionada y probada.</p> <p>B) Incluye: Replanteo del recorrido de las tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación y fijación de tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación del aislamiento. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>	19,63	50,43	989,94

Nº	UD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
6.13	Ud	<p>A) Descripción: Punto de vaciado de red de distribución de agua, para sistema de climatización, formado por 2 m de tubo de polietileno reticulado (PE-Xa), con barrera de oxígeno (EVOH), de 25 mm de diámetro exterior y 2,3 mm de espesor, PN=6 atm, suministrado en rollos, colocado superficialmente y válvula de corte. Incluso material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales. Totalmente montado, conexionado y probado.</p> <p>B) Incluye: Replanteo del recorrido de las tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación y fijación de tuberías, accesorios y piezas especiales. Realización de pruebas de servicio.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,00	29,62	29,62
6.14	Ud	<p>A) Descripción: Unidad exterior aire-agua bomba de calor, serie Altherma 3 M, modelo EBLA14D3V3 "DAIKIN", para gas R-32, con compresor scroll, alimentación monofásica (230V/50Hz), potencia calorífica 12 kW, y consumo eléctrico 3,39 kW, con temperatura de bulbo seco del aire exterior 7°C y temperatura de salida del agua 45°C, potencia calorífica 12 kW, y consumo eléctrico 2,53 kW, con temperatura de bulbo seco del aire exterior 7°C y temperatura de salida del agua 35°C, potencia frigorífica 13,5 kW, y consumo eléctrico 4,66 kW, con temperatura de bulbo seco del aire exterior 35°C y temperatura de salida del agua 7°C, potencia frigorífica 12,5 kW, y consumo eléctrico 3,05 kW, con temperatura de bulbo seco del aire exterior 35°C y temperatura de salida del agua 18°C, dimensiones 870x1378x460 mm, diámetro de conexión de las tuberías de agua 1", con interacumulador de A.C.S. de 145 l, de acero inoxidable, de 1000 mm de altura y 595 mm de diámetro, peso 45 kg, clase de eficiencia energética en A.C.S. B, resistencia eléctrica de apoyo de 3 kW, modelo EKHWS150D3V3, con cronotermostato multifunción, modelo Madoka BRC1HHDW. Totalmente montada, conexionada y puesta en marcha por la empresa instaladora para la comprobación de su correcto funcionamiento.</p> <p>B) Incluye: Replanteo de la unidad. Colocación y fijación de la unidad y sus accesorios. Conexionado con las redes de conducción de agua, eléctrica y de recogida de condensados. Puesta en marcha.</p> <p>C) Criterio de medición de proyecto: Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>D) Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>	1,00	9.723,01	9.723,01
TOTAL PRESUPUESTO PARCIAL Nº 1 INSTALACIONES:					18.037,70

Tabla 4.46. Presupuesto de la instalación de climatización

Nº	CAPÍTULO	IMPORTE (€)
1	CARPINTERÍA, CERRAJERÍA, VIDRIOS Y PROTECCIONES SOLARES	15.994,48
2	AISLAMIENTOS E IMPERMEABILIZACIONES	5.640,93
3	REVESTIMIENTOS Y TRASDOSADOS	22.582,48
4	CERRAMIENTOS	22.369,35
5	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	14.327,49
6	INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN	18.037,70
Presupuesto de ejecución material		98.952,43

Tabla 4.47. Presupuesto de ejecución material

Asciende el Presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de NOVENTA Y OCHO MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y DOS EUROS CON CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS.

4.5. Exigencia de bienestar e higiene

4.5.1. Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente

En base al diseño y las dimensiones de las instalaciones térmicas establecidas, se puede llegar a la conclusión de que se satisface la exigencia de calidad térmica del ambiente. Los parámetros exigidos se recogen en la Tabla 4.48.

Parámetros	Límite
Temperatura operativa en verano (°C)	$23 \leq T \leq 25$
Humedad relativa en verano (%)	$45 \leq HR \leq 60$
Temperatura operativa en invierno (°C)	$21 \leq T \leq 23$
Humedad relativa en invierno (%)	$40 \leq HR \leq 50$
Velocidad media admisible con difusión por mezcla (m/s)	$V \leq 0.14$

Tabla 4.48. Parámetros exigidos para la exigencia de calidad térmica

Por otro lado, las condiciones interiores de diseño usadas para la nave en cuestión han sido las que se pueden apreciar en la Tabla 4.49.

Referencia	Temperatura de verano	Temperatura de invierno	Humedad relativa interior
Aseo de planta	24	21	50
Oficinas	24	21	50

Tabla 4.49. Condiciones interiores de diseño

Como se puede comprobar en las anteriores tablas, los parámetros referidos al bienestar térmico y que se han utilizado en el proyecto, se encuentran en el intervalo de valores establecidos.

4.5.2. Justificación del cumplimiento de la exigencia del aire

A la hora de hablar del aire interior de un local o edificio se distinguen 4 categorías:

- IDA 1 (aire de óptima calidad): hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.
- IDA 2 (aire de buena calidad): oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.
- IDA 3 (aire de calidad media): edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.
- IDA 4 (aire de calidad baja)

El caudal mínimo de aire exterior se obtiene según la instrucción técnica I.T.1.1.4.2.3. En él se utiliza el método de caudal de aire por unidad de superficie, así como el método indirecto de caudal de aire exterior por persona. En vista a la ventilación utilizada en la nave para el recinto

de oficinas y según los cálculos establecidos con el programa CYPECAD MEP, se clasifica dentro de la categoría IDA 2.

Por otra parte, en la calidad del aire exterior se diferencian los siguientes niveles:

- ODA 1: aire puro que puede contener partículas sólidas (por ejemplo, polen) de forma temporal.
- ODA 2: aire con altas concentraciones de partículas.
- ODA 3: aire con altas concentraciones de contaminantes gaseosos.
- ODA 4: aire con altas concentraciones de contaminantes gaseosos y partículas.
- ODA 5: aire con muy altas concentraciones de contaminantes gaseosos y partículas.

Para los cálculos de toda la instalación, se ha tenido en cuenta un nivel de calidad de aire exterior ODA 2 y dicho aire se introduce a la nave debidamente filtrado según el apartado I.T.1.1.4.2.4. En cuanto a las clases de filtración utilizadas en las instalaciones, se puede concluir que cumplen con lo establecido en la Tabla 4.50.

Calidad del aire exterior	Calidad del aire interior			
	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F9	F8	F7	F5
ODA 2	F7 + F9	F6 + F8	F5 + F7	F5 + F6
ODA 3	F7+GF+F9	F7+GF+F9	F5 + F7	F5 + F6

Tabla 4.50. Calidad del aire exterior e interior según norma

La clasificación del aire de extracción es la siguiente:

- AE 1 (bajo nivel de contaminación): aire que procede de los locales en los que las emisiones más importantes de contaminantes proceden de los materiales de construcción y decoración, además de las personas. Está excluido el aire que procede de locales donde se permite fumar.
- AE 2 (moderado nivel de contaminación): aire de locales ocupados con más contaminantes que la categoría anterior, en los que, además, no está prohibido fumar.
- AE 3 (alto nivel de contaminación): aire que procede de locales con producción de productos químicos, humedad, etc.
- AE 4 (muy alto nivel de contaminación): aire que contiene sustancias olorosas y contaminantes perjudiciales para la salud en concentraciones mayores que las permitidas en el aire interior de la zona ocupada.

Luego para las oficinas, se ha considerado la categoría AE 1.

4.5.3. Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad acústica

Las instalaciones térmicas cumplen conforme al documento básico de la exigencia básica HR Protección frente al ruido del Código Técnico de la Edificación.

4.5.4. Justificación del cumplimiento de la exigencia de higiene

La instalación interior de Agua Caliente Sanitaria (ACS) ha sido dimensionada según lo establecido en el Documento Básico HS-4 del CTE.

4.6. Exigencia de eficiencia energética

4.6.1. Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en el control de instalaciones térmicas

El equipo mínimo para aparatos de control de las condiciones de humedad relativa y de temperatura de los recintos se clasifica en:

- THM-C1: Variación de la temperatura del fluido portador (agua-aire) en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.
- THM-C2: Como THM-C1, más el control de la humedad relativa media o la del local más representativo.
- THM-C3: Como THM-C1, más variación de la temperatura del fluido portador frío en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.
- THM-C4: Como THM-C3, más control de la humedad relativa media o la del recinto más representativo.
- THM-C5: Como THM-C3, más control de la humedad relativa en locales.

Para la nave en cuestión, se ha descrito el sistema de control THM-C3.

El control de calidad del aire interior se puede realizar con métodos que se recogen en la Tabla 4.51.

Categoría	Tipo	Descripción
IDA-C1	Control manual	El sistema funciona continuamente
IDA-C2		El sistema funciona manualmente, controlado por un interruptor
IDA-C3		El sistema funciona de acuerdo a un determinado horario
IDA-C4		El sistema funciona por una señal de presencia
IDA-C5		El sistema funciona dependiendo del número de personas presentes
IDA-C6	Control directo	El sistema está controlado por sensores que miden parámetros de calidad del aire interior

Tabla 4.51. Métodos de control de calidad del aire

Se ha utilizado en la nave el método IDA-C1.

4.6.2. Justificación del cumplimiento de la exigencia de recuperación de energía

La nave ha sido diseñada considerando la zonificación y así poder tener un alto ahorro de energía y bienestar. Los sistemas se han repartido en subsistemas teniendo en cuenta: uso, horario de funcionamiento y ocupación de los espacios, así como sus espacios interiores y orientación.

4.6.3. Justificación del cumplimiento de la exigencia de limitación de uso de energía convencional

Se presentan a continuación los factores para justificar esta exigencia:

- Los recintos no habitables de la nave no se han climatizado.
- No se ha utilizado ningún combustible sólido de origen fósil en las instalaciones térmicas.

- La calefacción utilizada no constituye un sistema centralizado que use energía eléctrica por “efecto Joule”.
- No se han llevado a cabo procesos de calentamiento y enfriamiento, ni interaccionan dos fluidos con temperatura de efectos opuestos.

4.7. Exigencia de seguridad

4.7.1. Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad referida a producción de calor y frío

4.7.1.1. Condiciones generales

Tanto los generadores de calor como los de frío de la instalación se encuentran dentro de las exigencias de la instrucción técnica 1.3.4.1.1 (ver ANEXOS) Condiciones generales del RITE.

4.7.1.2. Almacenamiento de biocombustibles sólidos

En la instalación no se ha empleado ningún generador de calor que utilice biocombustible.

4.7.1.3. Sala de máquinas

La zona habilitada de la nave para albergar el proceso productivo (la maquinaria), incluyendo su dimensionamiento y ventilación, se ha establecido según la instrucción técnica 1.3.4.1.2 (ver ANEXOS) Salas de máquinas del RITE.

4.7.2. Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad referida a sistemas de conducción de calor y frío

4.7.2.1. Alimentación

En cuanto a los circuitos que constituyen la instalación térmica, se ha considerado que su alimentación se lleve a cabo mediante un dispositivo que permite reponer las pérdidas de agua. El dimensionamiento del diámetro de conexión para la alimentación se ha establecido teniendo en cuenta la Tabla 4.52.

Potencia térmica nominal (kW)	Calor	Frio
	DN (mm)	DN (mm)
$P \leq 70$	15	20
$70 < P \leq 150$	20	25
$150 < P \leq 400$	25	32
$400 < P$	32	40

Tabla 4.52. Parámetros de seguridad la alimentación de los conductos

4.7.2.2. Expansión y circuito cerrado

Los circuitos cerrados de agua instalados cuentan con un dispositivo de expansión de tipo cerrado, lo que permite que las tuberías no sufran esfuerzos mecánicos, ya que se absorbe el volumen de dilatación del fluido. Las dimensiones y el diseño de las válvulas de seguridad y de los sistemas de expansión utilizados siguen la norma UNE 100155.

4.7.2.3. Vaciado y purga

Las redes de tuberías han sido diseñadas de tal forma que se permita su vaciado parcial y total. Para vaciarse totalmente se ha de realizar desde el punto accesible más bajo de la instalación con un diámetro mínimo que sigue la Tabla 4.53.

Potencia térmica nominal (kW)	Calor	Frio
	DN (mm)	DN (mm)
$P \leq 70$	20	25
$70 < P \leq 150$	25	32
$150 < P \leq 400$	32	40
$400 < P$	40	50

Tabla 4.53. Parámetros de seguridad para el vaciado y purga de los conductos

4.7.2.4. Conductos de aire

El sistema de conducción de la instalación y sus elementos complementarios han sido calculados y dimensionados según la instrucción técnica 1.3.4.2.10 Conductos de aire del RITE.

4.7.2.5. Filtración, golpe de ariete y dilatación

Los circuitos están protegidos con un filtro cuyas propiedades están impuestas en la instrucción 1.3.4.2.8 Filtración del RITE.

Los efectos provocados por cambios de presión debido a maniobras bruscas de algún elemento del circuito han sido prevenidos según la instrucción técnica 1.3.4.2.7 Golpe de ariete del RITE.

La variación de la temperatura puede variar la longitud de las tuberías y es por ello que han sido compensadas según la instrucción técnica 1.3.4.2.6 Dilatación del RITE.

4.7.3. Justificación del cumplimiento de la exigencia de protección contra incendios

Las condiciones de protección contra incendios cumplen la reglamentación vigente y se aplica a la instalación térmica.

4.7.4. Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad y utilización

Excepto en superficies de emisión de calor, no existe ninguna superficie con posibilidad de contacto por accidente mayor a 60°C. Las superficies a las que pueden acceder los usuarios tienen una temperatura menor a 80°C.

El acceso a la instalación, su medición y su señalización se han diseñado según la instrucción técnica 1.3.4.4 Seguridad de utilización del RITE.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] CYPE Ingenieros, S.A., *Guía de Instalaciones de edificios – CYPE* [en línea] [consulta: 1 marzo 2021]. Disponible en: <http://www.cype.net/pdfs/manuales/20071/iegui01.pdf>
- [2] CYPE Software. *CYPECAD MEP. Diseño y dimensionado de instalaciones del edificio*. [Vídeo]. YouTube, 2018.
- [3] EASYCTE – RAÚL CARMONA MUÑOZ. *CÁLCULO DE INSTALACIONES. TUTORIAL CYPECAD MEP*. [Vídeo]. YouTube, 2014.
- [4] Bloques AutoCAD, *Bloques AutoCAD para arquitectura* [en línea] [consulta: 1 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.bloquesautocad.com/>
- [5] Instituto Geológico y Minero de España, *Mapa Geológico Huesca (hoja 23)* [en línea] [consulta: 19 marzo 2021]. Disponible en: <http://info.igme.es/cartografia/sintesis200.asp?hoja=23>
- [6] Cooperativas agro-alimentarias, *Guía de residuos de Aragón* [en línea] [consulta: 21 marzo 2021]. Disponible en: http://www.faca.es/apps/residuos/index.php/Centros/CentroInfo/?empresa_id=256
- [7] Estrada&Partners, *Tipos de estructuras y cubiertas en naves industriales* [en línea] [consulta: 22 marzo 2021]. Disponible en: <https://estradapartners.com/estructura-nave-industrial/>
- [8] Galistar, *Hormigón de limpieza* [en línea] [consulta: 22 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.galistar.es/hormigon-de-limpieza/>
- [9] Construyendo Seguro: Materiales de construcción, *Requisitos para construir una buena cimentación* [en línea] [consulta: 22 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.construyendoseguro.com/requisitos-para-construir-una-buena-cimentacion/>
- [10] NIETO MOROTE, Ana María. *Estudio de viabilidad*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena, 2012. 31p.
- [11] ROSACOLOMA, *Ventajas y desventajas de la nave industrial de hormigón y de la nave industrial metálica* [en línea] [consulta: 23 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.rosacoloma.es/construccion/ventajas-desventajas-nave-industrial-hormigon-nave-industrial-metalica/>
- [12] Alsimet, *Transformación de metal: el plegado de chapa* [en línea] [consulta: 25 marzo 2021]. Disponible en: <http://alsimet.es/es/noticias/transformacion-metal-plegado-de-chapa>
- [13] Láser Molina, *Corte de chapa* [en línea] [consulta: 26 marzo 2021]. Disponible en: http://www.lasermolina.com/Cortel%C3%A1ser_de_chapa.aspx
- [14] Láser Molina, *Útiles de plegado* [en línea] [consulta: 26 marzo 2021]. Disponible en: http://www.lasermolina.com/%C3%A1tiles_de_plegado.aspx
- [15] TRUMPF, *Máquinas de corte por láser 2D* [en línea] [consulta: 27 marzo 2021]. Disponible en: https://www.trumpf.com/es_ES/productos/maquinas-sistemas/maquinas-de-corte-por-laser-2d/
- [16] TRUMPF, *Máquinas de plegado* [en línea] [consulta: 27 marzo 2021]. Disponible en: https://www.trumpf.com/es_ES/productos/maquinas-sistemas/maquinas-de-plegado/

- [17] CASERO RODRÍGUEZ, David. *Saneamiento y Alcantarillado/Gestión de Aguas Residuales*. Madrid: EOI Escuela de Organización Industrial, 2015. 177p.
- [18] VILCHEZ PORRAS, Juan. *Redes de saneamiento*. Sevilla: EOI Escuela de Organización Industrial, 2015. 124p.
- [19] Imbreco Reformas, *Zapatas y vigas riostras* [en línea] [consulta: 3 abril 2021]. Disponible en: <https://www.reformasenalicante.top/vigas-riostras/>
- [20] e-STRUC, *Prescripción de hormigón. Tipos y aplicaciones* [en línea] [consulta: 3 abril 2021]. Disponible en: <https://e-struc.com/2017/04/18/prescripcion-hormigon-tipos-aplicaciones/>
- [21] España. Reglamento electrotécnico para baja tensión e ITC, edición actualizada a 28 de abril de 2021. *Boletín Oficial del Estado, Biblioteca Jurídica Digital*.
- [22] Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), *Instrucciones técnicas* [en línea] [consulta: 20 mayo 2021]. Disponible en: http://normativaconstruccion.cype.info/rd_1027_2007/pagina27.html?15
- [23] BONET SANZ, Jesús Javier. *PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE NAVE ALMACÉN POLIVALENTE EN EL T.M. CALDEARENAS (HUESCA)*. Huesca: Ayuntamiento de Caldearenas, 2013. 166p.

ANEXOS

Documento Básico HE. Ahorro de energía.

Apéndice D Definición del edificio de referencia

D.1 Características generales

El edificio de referencia se define con la misma forma, tamaño, orientación, zonificación interior, uso de cada espacio, e iguales obstáculos remotos que el edificio objeto.

Los parámetros de transmitancia y factor solar de los elementos de la *envolvente térmica* son los establecidos en el apartado D.2.

El documento *Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a LIDER y CALENER* recoge el procedimiento detallado para la obtención del edificio de referencia a partir del edificio objeto.

D.2 Parámetros característicos de la envolvente

D.2.1 ZONA CLIMÁTICA $\alpha 1$, A1

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

$U_{lim}: 0,94 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de suelos

$U_{lim}: 0,53 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de cubiertas

$U_{lim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$F_{lim}: 0,29$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{lim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{lim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	4,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	4,1	5,5	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	3,8	5,2	5,7	5,7	-	-	-	0,56	-	0,60
de 41 a 50	3,5	5,0	5,7	5,7	-	-	-	0,47	-	0,52
de 51 a 60	3,4	4,8	5,7	5,7	-	-	-	0,42	-	0,46

D.2.2 ZONA CLIMÁTICA $\alpha 2$, A2

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

$U_{lim}: 0,94 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de suelos

$U_{lim}: 0,53 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de cubiertas

$U_{lim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$F_{lim}: 0,29$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{lim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{lim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	4,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	4,1	5,5	5,7	5,7	-	-	-	0,60	-	-
de 31 a 40	3,8	5,2	5,7	5,7	-	-	-	0,47	-	0,51
de 41 a 50	3,5	5,0	5,7	5,7	0,59	-	-	0,40	0,58	0,43
de 51 a 60	3,4	4,8	5,7	5,7	0,51	-	0,55	0,35	0,52	0,38

D.2.3 ZONA CLIMÁTICA α3, A3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

$U_{Mlim}: 0,94 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de suelos

$U_{Slim}: 0,53 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de cubiertas

$U_{Clim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$F_{Llim}: 0,29$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	4,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	4,1	5,5	5,7	5,7	-	-	-	0,60	-	-
de 31 a 40	3,8	5,2	5,7	5,7	-	-	-	0,48	-	0,51
de 41 a 50	3,5	5,0	5,7	5,7	0,57	-	0,60	0,41	0,57	0,44
de 51 a 60	3,4	4,8	5,7	5,7	0,50	-	0,54	0,36	0,51	0,39

D.2.4 ZONA CLIMÁTICA α4, A4

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

$U_{Mlim}: 0,94 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de suelos

$U_{Slim}: 0,53 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de cubiertas

$U_{Clim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$F_{Llim}: 0,29$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	4,7	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	4,1	5,5	5,7	5,7	-	-	-	0,56	-	0,57
de 31 a 40	3,8	5,2	5,7	5,7	0,57	-	0,58	0,43	0,59	0,44
de 41 a 50	3,5	5,0	5,7	5,7	0,47	-	0,48	0,35	0,49	0,37
de 51 a 60	3,4	4,8	5,7	5,7	0,40	0,55	0,42	0,30	0,42	0,32

D.2.5 ZONA CLIMÁTICA B1

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

$U_{Mlim}: 0,82 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de suelos

$U_{Slim}: 0,52 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de cubiertas

$U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$F_{Llim}: 0,32$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8	4,9	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3	4,3	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	3,0	4,0	5,6	5,6	-	-	-	0,56	-	0,60
de 41 a 50	2,8	3,7	5,4	5,4	-	-	-	0,47	-	0,52
de 51 a 60	2,7	3,6	5,2	5,2	-	-	-	0,42	-	0,46

D.2.6 ZONA CLIMÁTICA B2

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim}: 0,82 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim}: 0,52 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Lim}: 0,32$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8	4,9	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3	4,3	5,7	5,7	-	-	-	0,60	-	-
de 31 a 40	3,0	4,0	5,6	5,6	-	-	-	0,47	-	0,51
de 41 a 50	2,8	3,7	5,4	5,4	0,59	-	-	0,40	0,58	0,43
de 51 a 60	2,7	3,6	5,2	5,2	0,51	-	0,55	0,35	0,52	0,38

D.2.7 ZONA CLIMÁTICA B3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim}: 0,82 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim}: 0,52 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Lim}: 0,30$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8	4,9	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3	4,3	5,7	5,7	-	-	-	0,57	-	-
de 31 a 40	3,0	4,0	5,6	5,6	-	-	-	0,45	-	0,50
de 41 a 50	2,8	3,7	5,4	5,4	0,53	-	0,59	0,38	0,57	0,43
de 51 a 60	2,7	3,6	5,2	5,2	0,46	-	0,52	0,33	0,51	0,38

D.2.8 ZONA CLIMÁTICA B4

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim}: 0,82 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim}: 0,52 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Lim}: 0,28$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	5,4	5,7	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,8	4,9	5,7	5,7	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	3,3	4,3	5,7	5,7	-	-	-	0,55	-	0,57
de 31 a 40	3,0	4,0	5,6	5,6	0,55	-	0,58	0,42	0,59	0,44
de 41 a 50	2,8	3,7	5,4	5,4	0,45	-	0,48	0,34	0,49	0,36
de 51 a 60	2,7	3,6	5,2	5,2	0,39	0,55	0,41	0,29	0,42	0,31

D.2.9 ZONA CLIMÁTICA C1

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{lim}: 0,73 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{lim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{lim}: 0,41 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{lim}: 0,37$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{lim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{lim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4	3,9	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9	3,3	4,3	4,3	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,6	3,0	3,9	3,9	-	-	-	0,56	-	0,60
de 41 a 50	2,4	2,8	3,6	3,6	-	-	-	0,47	-	0,52
de 51 a 60	2,2	2,7	3,5	3,5	-	-	-	0,42	-	0,46

D.2.10 ZONA CLIMÁTICA C2

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{lim}: 0,73 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{lim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{lim}: 0,41 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{lim}: 0,32$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{lim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{lim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4	3,9	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9	3,3	4,3	4,3	-	-	-	0,60	-	-
de 31 a 40	2,6	3,0	3,9	3,9	-	-	-	0,47	-	0,51
de 41 a 50	2,4	2,8	3,6	3,6	0,59	-	-	0,40	0,58	0,43
de 51 a 60	2,2	2,7	3,5	3,5	0,51	-	0,55	0,35	0,52	0,38

D.2.11 ZONA CLIMÁTICA C3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{lim}: 0,73 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{lim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{lim}: 0,41 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{lim}: 0,28$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{lim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{lim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4	3,9	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9	3,3	4,3	4,3	-	-	-	0,55	-	0,59
de 31 a 40	2,6	3,0	3,9	3,9	-	-	-	0,43	-	0,46
de 41 a 50	2,4	2,8	3,6	3,6	0,51	-	0,54	0,35	0,52	0,39
de 51 a 60	2,2	2,7	3,5	3,5	0,43	-	0,47	0,31	0,46	0,34

D.2.12 ZONA CLIMÁTICA C4

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

$U_{lim}: 0,73 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de suelos

$U_{s\lim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de cubiertas

$U_{clim}: 0,41 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$F_{lim}: 0,27$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N/E/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4	3,9	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9	3,3	4,3	4,3	-	-	-	0,54	-	0,56
de 31 a 40	2,6	3,0	3,9	3,9	0,54	-	0,56	0,41	0,57	0,43
de 41 a 50	2,4	2,8	3,6	3,6	0,47	-	0,46	0,34	0,47	0,35
de 51 a 60	2,2	2,7	3,5	3,5	0,38	0,53	0,39	0,29	0,40	0,30

D.2.13 ZONA CLIMÁTICA D1

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

$U_{lim}: 0,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de suelos

$U_{s\lim}: 0,49 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de cubiertas

$U_{clim}: 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$F_{lim}: 0,36$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N/E/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5	2,9	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,2	2,6	3,4	3,4	-	-	-	0,54	-	0,56
de 41 a 50	2,1	2,5	3,2	3,2	-	-	-	0,45	-	0,49
de 51 a 60	1,9	2,3	3,0	3,0	-	-	-	0,40	0,57	0,44

D.2.14 ZONA CLIMÁTICA D2

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

$U_{lim}: 0,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de suelos

$U_{s\lim}: 0,49 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Transmitancia límite de cubiertas

$U_{clim}: 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Factor solar modificado límite de lucernarios

$F_{lim}: 0,31$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N/E/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5	2,9	3,5	3,5	-	-	-	0,58	-	0,61
de 31 a 40	2,2	2,6	3,4	3,4	-	-	-	0,46	-	0,49
de 41 a 50	2,1	2,5	3,2	3,2	-	-	0,61	0,38	0,54	0,41
de 51 a 60	1,9	2,3	3,0	3,0	0,49	-	0,53	0,33	0,48	0,36

D.2.15 ZONA CLIMÁTICA D3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Hlim}: 0,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim}: 0,49 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Llim}: 0,28$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5	2,9	3,5	3,5	-	-	-	0,54	-	0,57
de 31 a 40	2,2	2,6	3,4	3,4	-	-	-	0,42	0,58	0,45
de 41 a 50	2,1	2,5	3,2	3,2	0,50	-	0,53	0,35	0,49	0,37
de 51 a 60	1,9	2,3	3,0	3,0	0,42	0,61	0,46	0,30	0,43	0,32

D.2.16 ZONA CLIMÁTICA E1

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Hlim}: 0,57 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim}: 0,48 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,35 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Llim}: 0,36$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,1	3,1	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,1	3,1	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,6	3,0	3,1	3,1	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,2	2,7	3,1	3,1	-	-	-	0,54	-	0,56
de 41 a 50	2,0	2,4	3,1	3,1	-	-	-	0,45	0,60	0,49
de 51 a 60	1,9	2,3	3,0	3,0	-	-	-	0,40	0,54	0,43